This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

**Über dieses Buch**

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

**Nutzungsrichtlinien**

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

**Über Google Buchsuche**

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

Educ
2050.7.2

Educ 2050.7.2

Harvard College Library

FROM THE BEQUEST OF

JAMES WALKER, D.D., LL.D.,

(Class of 1814)

FORMER PRESIDENT OF HARVARD COLLEGE;

"Preference being given to works in the Intellectual and Moral Sciences."

Sammlung von Abhandlungen aus dem Gebiete der Pädagogischen Psychologie und Physiologie
herausgegeben von
Prof. Th. Ziegler (Strassburg) & Prof. Th. Ziehen (Berlin).
VII. Band, 2. und 3. Heft.

# GEHIRN UND SEELE DES KINDES.

Von

DR. M. PROBST
(Hirnanatomisches Laboratorium der n.ö. Landesirrenanstalt Wien).

MIT 9 ABBILDUNGEN UND ZAHLREICHEN TABELLEN

BERLIN,
Verlag von Reuther & Reichard
1904.

Ed. I: 2050.7.2

HARVARD COLLEGE
JUL 1 1904
LIBRARY.

Wachsmuth.
(VII. 2, 3, 4.)

Maschinensatz von Oscar Brandstetter in Leipzig.

Die Anatomie und Physiologie des Gehirnes, deren genaue Erforschung mit großen Schwierigkeiten verbunden ist, hat in letzter Zeit bedeutende Fortschritte zu verzeichnen und wenn wir auch noch an den gröberen Umrissen aufbauen, so ist doch der Weg der Erkenntnis unseres Seelenorganes schon in gewisser Richtung gebildet. Seit Meynerts grundlegenden Anschauungen sind eine Fülle neuer Tatsachen und Berichtigungen früherer Arbeiten hinzugetreten, welche den Bau und die Leistung des Gehirnes in klarerem Lichte erscheinen lassen. Wenn in früherer Zeit bald dies bald jenes (der Liquor cerebrospinalis, die Glandula pinealis etc.) als Sitz der Seele bezeichnet wurde, so sind wir diesbezüglich durch die Arbeiten der letzten Jahrzehnte zu ganz bestimmten Anschauungen gelangt.

Der Erkenntnis des Gehirnes als unseren Denkorganes ist auch stets das weitgehendste Interesse entgegengebracht worden.

Die Entwicklung dieses so komplizierten Organes läßt in verschiedener Aufeinanderfolge die mannigfachsten Stadien unterscheiden, so daß wir für verschiedene Lebenszeiten einen verschiedenen Bau und eine verschiedene Leistung des Gehirnes verzeichnen können. Gehirn und Seele sind zusammengehörige Begriffe. Der Seele des Kindes entspricht nun auch ein eigens gebautes Gehirn, sowie dem voll Entwickelten und dem Greise ein besonderer histologischer Hirnbau zugrunde liegt.

Flechsig hat gezeigt, daß das neugeborene Kind besonders bei zu früher Geburt mit einem fast vollständig unreifen Großhirn zur Welt kommt, welches des Nervenmarkes fast vollständig entbehrt und so auch chemisch sich von dem des Erwachsenen ganz wesentlich unterscheidet. Der Mensch gleicht in der Zeit nach der Geburt einem großhirnlosen Wesen, bei dem aber die Triebe schon mit dem ersten Atemzug und das Verlangen nach Befriedigung seiner Bedürfnisse mächtig sind. Sind die Triebe befriedigt, wird der Körper nicht von Unlust weckenden äußeren Reizen getroffen, so schwinden auch die Zeichen von Bewußtsein regelmäßig. Die absolute Herrschaft der niederen Triebe zieht sich weit in das Leben hinein und lange stehen die Sinnesorgane fast ausschließlich im Solde derselben. Während die niederen Hirnteile, welche die ersten Angriffspunkte für die Triebe darstellen, schon bei der Geburt ihre Entwicklung abgeschlossen haben, sind im Großhirn auch bei dem völlig reifen Kinde nur einige wenige Nervenleitungen fertig gestellt und diese Leitungen verknüpfen ausschließlich empfindliche Teile des

Körper-Innern, insbesondere die Muskeln, sowie einige Sinneswerkzeuge mit dem Zentralherd des Bewußtseins, der grauen Rinde des Großhirns. Eine Sinnesleitung nach der anderen, den für die zweckmäßige Auswahl der Nahrung besonders wichtigen Geruchsinn an der Spitze, der Gehörssinn zuletzt, entwickelt sich stufenweise (Flechsig). In dieser Weise geht nun die Entwicklung des kindlichen Gehirnes weiter, wie wir im folgenden näher darauf zu sprechen kommen.

Einem jeden, der sich mit dem Seelenleben des Kindes befaßt, muß deshalb auch der eigenartige Bau und die eigenartige Leistung des kindlichen Gehirnes ein besonderes Interesse abgewinnen.

# Inhalts-Verzeichnis.


| | Seite |
|---|---|
| **I. Anatomische Eigenheiten des kindlichen Gehirnes.** | |
| 1. Das Gewicht des kindlichen Gehirnes: a) Großhirn. — b) Kleinhirn. — c) Rückenmark | 1 |
| 2. Die Gehirnfurchung | 14 |
| **II. Histologische Eigenheiten des kindlichen Gehirnes.** | |
| 1. Periphere Nerven | 20 |
| 2. Muskelsystem | 28 |
| 3. Gehirnnerven | 29 |
| 4. Rückenmark | 40 |
| 5. Gehirnstamm | 47 |
| 6. Großhirn | 56 |
| 7. Unregelmäßigkeiten in der Markentwicklung | 78 |
| 8. Die Tangentialfasern der Großhirnrinde | 80 |
| 9. Hemmung der Markscheidenentwicklung | 94 |
| 10. Das Rindengrau | 98 |
| **III. Physiologische Eigenheiten des kindlichen Gehirnes.** | |
| 1. Funktion und Markbildung | 105 |
| 2. Die Erregbarkeit der peripheren Nerven des Kindes (Motorische, sensible Nerven und Nervus vagus) | 110 |
| 3. Über die Funktion des Großhirns beim Kinde: a) Hemmungszentrum im Großhirn. — b) Hemmungszentrum im Rückenmark. — c) Funktionsentwicklung. — d) Erregbarkeit der kindlichen Hirnrinde. — e) Erregbarkeit des Hirnstammes. — f) Erregbarkeit des Rückenmarkes. — g) Die Entwicklung der Sinneszentren | 124 |

# Das Gewicht des kindlichen Gehirns.

## a. Großhirn.

Schwalbe wies an einer Tabelle, die sich auf 2000 Wägungen von Robert Boyd stützt, nach, daß das menschliche Gehirn in seinem mittleren Gewichte ein rasches Anwachsen bis zum 7. Lebensjahre erfährt. Langsamer zunehmend erreicht sodann das Gehirngewicht gegen Ende des 20. Jahres in beiden Geschlechtern die für den Erwachsenen festgestellten Mittelzahlen (1376 resp. 1246 g). Nun folgt eine Zeit, in welcher dieses höchste Hirngewicht des Individuums nahezu stationär bleibt, die Zeit vom 20. bis 50. Jahre. Von da an tritt aber ein langsames Absinken des Gehirngewichtes ein, dessen Mittel schließlich im hohen Alter auf 1285 g beim Manne, 1130 g beim Weibe zurückgeht.

Bei Bestimmung des Hirngewichtes ist auf verschiedene Fehlerquellen zu achten. Das Gewicht der inneren Häute mit Einschluß des in den Subarachnoidalräumen befindlichen Serums beträgt nach Broca im Mittel für den Mann 55,8 g, für die Frau 48,7 g. Dadurch, daß die Abtrennungsstelle des Gehirnes vom Rückenmarke nicht immer gleich getroffen wird und mehr oder minder viel Flüssigkeit, welche in den Hirnhöhlen enthalten ist, ausfließt, entsteht einige Differenz im Gesamtgewichte. Außer auf diese Umstände ist bei Bestimmung des Hirngewichtes auf das Alter, die Körperlänge, das Körpergewicht, die Rasse und auf gewisse krankhafte Zustände Rücksicht zu nehmen.

Ein besonderes Moment für die pathologischen Schwankungen des Hirngewichtes bietet der Blutgehalt des Gehirnes.

Wird dieser nicht berücksichtigt, so werden ganz falsche Mittelwerte für einzelne Altersstufen erhalten. Exzessive Anämie oder Hyperämie bedingen ganz erhebliche Unterschiede. Durch Veränderung des spezifischen Gewichtes bei manchen Krankheiten wird das absolute Hirngewicht ebenfalls pathologisch verändert, und zwar wie Ducamp zeigte, meist erhöht (1028—1039 Norm auf 1044—1048 bei Zirkulationsstörungen oder 1044—1093 bei Tuberkulose, Krebs).

Pfister fand, daß hyperämische und anämische Hirne schon nach zweitägigem Aufenthalte in 2 % Formollösung in ihrer Gewichtszunahme um rund 14 % des Anfangsgewichtes differieren. Gegenüber dem Zustand der normalen Gefäßfüllung haben stark hyperämische Hirne eine Gewichtsvermehrung, stark anämische einen Gewichtsverlust von 7,5 g vom Hundert erlitten.

Das Verhältnis des Hirngewichtes zum Gewichte des gesamten Körpers (relatives Hirngewicht) beläuft sich nach Thurnam für den erwachsenen Mann auf 1:33, für die Frau 1:31,9, nach Obersteiner ist das relative Hirngewicht des Erwachsenen 1:50, ist ein sehr variables und kann bei schweren Personen 1:90 erreichen. Bei Neugeborenen beträgt dieses Verhältnis nach Mies 1:5,9, bei diesen ist also das Gehirn relativ bedeutend schwerer als beim Erwachsenen.

Wenn man das Hirngewicht verschiedener erwachsener Personen mit der Körperlänge vergleicht, so ergibt sich, daß das Hirngewicht langsamer zunimmt; so kommen beispielsweise bei Männern von 150 cm Größe auf je 1 cm Körperlänge, 8,7 g Gehirn, bei einer Größe von 190 cm aber nur 7,1 g. Beim neugeborenen Knaben kommt nach Mies auf 1,35 mm, beim neugeborenen Mädchen auf 1,41 mm Körperlänge 1 g Hirngewicht.

Das Gehirn des Neugeborenen ist deshalb relativ größer als das des Erwachsenen.

Während Gewichtsbestimmungen beim erwachsenen Menschen in großer Zahl vorliegen, konnte Mies in der gesamten Literatur nicht mehr als wenig über 2000 Fälle von Hirngewichtszahlen aus den beiden ersten Jahrzehnten finden, und unter diesen fanden sich nur 627 Einzelbestimmungen.

Boyd bestimmte das Gewicht von 408 Gehirnen aus den ersten zwei Jahrzehnten, teilte aber nur die Mittelwerte der einzelnen Lebensalter, sowie die Extreme mit.

Die 928 Wägungen Parrots an Kinderhirnen unter 6 Jahren wurden von Jeanne Bertillon nicht in den Einzelbeobachtungen mitgeteilt.

Nach den Angaben von Wenzel, Hamilton und Tiedemann soll das Gehirn schon im 7. bis 8. Lebensjahre seine volle Schwere erreichen. Soemmering gibt nach Huschke an, daß schon im 3. Lebensjahre das volle Hirngewicht erreicht werde.

Nach Buchstab soll der Beginn der Hirngewichtshöhe in das 16. bis 20. Jahr fallen, und auch R. Boyd gibt etwas zu früh das Ende des 20. Jahres an.

Mit dem 20. Lebensjahr läßt Bischoff das weibliche Gehirn den Höhepunkt erreichen.

Huschke gibt in Ubereinstimmung mit den meisten Forschern an, daß das Hirngewicht bei beiden Geschlechtern noch über die zwanziger Jahre hinaus zunimmt.

Bezüglich des gegenseitigen Verhältnisses von Hirn- und Körpergröße ist im fötalen Leben nach Mies zu konstatieren, daß mit zunehmendem Alter der Frucht immer weniger Körpergröße auf 1 g Hirn kommt. Extrauterin nimmt die Körpergröße beim Kind bis ins 2. und 3. Jahr langsamer zu als das Hirngewicht. Bei Knaben hält das vorherrschende Hirnwachstum länger an als bei Mädchen.

Vom 2. bezw. 3. Jahre ab findet ein stetiges Wachsen der Verhältniszahl zwischen Hirngewicht und Körpergröße bis Ende des 2. Jahrzehntes auf Kosten des Hirngewichtes statt.

In den ersten 3 Monaten des Kindes kommt nach Mies auf 1 g Hirn nicht ganz 6 g Körper. In den ersten 7 Jahren vermehrt sich der 1 g Hirn entsprechende Körpergewichtsteil langsam (♀ = 10,46 g, ♂ = 10,28 g), vom 7. Lebensjahre bis zum 20. Jahre aber sehr rasch (♀ = 35 g, ♂ = 35,06 g).

Im ersten Monate nach der Geburt kommt 1 g Hirnsubstanz bei Mädchen im Mittel auf 1,41 mm, bei Knaben auf 0,78 mm Körpergröße, im 20. Lebensjahre entspricht 1 g Gehirn bei Mädchen etwa $1^1/_4$ mm, bei Knaben etwa $1^1/_5$ mm Körperlänge (Mies).

Pfister bestimmte das Gewicht des Gehirnes mit den weichen Häuten, unmittelbar nach Entnahme aus der Schädelhöhle, das Rückenmark wurde am unteren Ende der Pyramidenkreuzung abgetrennt. Er wog 156 kindliche Gehirne aus dem Kaiser Friedrich-Kinderkrankenhause zu Berlin und erhielt durch seine Wägungen die beistehende Tabelle.

**Tabelle I** (Männliches Hirngewicht).

| Bis Ende | Mittleres Gesamthirngewicht | Mittleres Gewicht der rechten Hemisphäre | Mittleres Gewicht der linken Hemisphäre |
|---|---|---|---|
| der beiden ersten Wochen | 461,8 g | 212,1 g | 211,7 g |
| der 3. u. 4. Woche . . | 448,6 „ | 205,6 „ | 205,1 „ |
| des 2. Monates . . . | 458,2 „ | 207 „ | 208,7 „ |
| „ 3. „ . . . . | 515,7 „ | 232,2 „ | 232,1 „ |
| „ 4. u. 5. „ . . . . | 573,4 „ | 258,1 „ | 258 „ |
| „ 6. u. 7. „ . . . . | 734 „ | 324,6 „ | 284,1 „ |
| „ 8. u. 9. „ . . . . | 752,2 „ | 331 „ | 334,3 „ |
| „ 10. u. 12. „ . . . . | 832,3 „ | 364,8 „ | 366,7 „ |
| „ 2. Jahres . . . . | 977,3 „ | 427,7 „ | 429 „ |
| „ 3. bis 4. „ . . . . | 1150,4 „ | 497,5 „ | 499 „ |
| „ 5. „ 8. „ . . . . | 1202 „ | 526,2 „ | 526,6 „ |
| „ 9. „ 14. „ . . . . | 1279,9 „ | 559,9 „ | 562 „ |

**Tabelle II** (Weibliches Hirngewicht).

| Bis Ende | Mittleres Gesamthirngewicht | Mittleres Gewicht der rechten Hemisphäre | Mittleres Gewicht der linken Hemisphäre |
|---|---|---|---|
| der beiden ersten Wochen | 349,5 g | 159 g | 159,5 g |
| der 3. und 4. Woche . . | 424 „ | 192 „ | 194 „ |
| des 2. Monates . . . | 418,2 „ | 188,3 „ | 190,8 „ |
| „ 3. „ . . . . | 514,8 „ | 232,8 „ | 231,5 „ |
| „ 4. u. 5. „ . . . . | 566,1 „ | 242,8 „ | 254,7 „ |
| „ 6. u. 7. „ . . . . | 664,1 „ | 280,6 „ | 283,1 „ |
| „ 8. u. 9. „ . . . . | 721,2 „ | 318,8 „ | 319 „ |
| „ 10. u. 12. „ . . . . | 689,8 „ | 305,5 „ | 300,5 „ |
| „ 2. Jahres . . . . | 913,8 „ | 400,5 „ | 397,5 „ |
| „ 3. bis 4. „ . . . . | 1025,2 „ | 443,4 „ | 446,8 „ |
| „ 5. „ 8. „ . . . . | 1164,4 „ | 508 „ | 508 „ |
| „ 9. „ 14. „ . . . . | 1265,1 „ | 554,3 „ | 558,1 „ |

Aus der Tabelle I, männlich, erhält man aus 4 Hirnen der beiden ersten Wochen ein Mittel von 461,8 g.

Das mittlere Hirngewicht in den verschiedenen Zeiten zeigt auf der Pfisterschen wie auf der Miesschen Tabelle ein anfangs rasches Anwachsen des männlichen Hirngewichtes, das später immer langsamer zunimmt.

Im 3. Fötalmonate erreicht der Mensch bereits das Gewicht des ausgewachsenen Gorillahirnes (500 g). Im 6. Monate beträgt das mittlere Hirngewicht 734 g, im 12. 832,3 g.

Im 2. Jahre beträgt das mittlere Hirngewicht 977,3 g, im 3. und 4. Jahre 1150,4 g, im 5. bis 8. Jahre 1202 g, im 9. bis 14. Jahre 1279,9 g. In 5 Fällen von 11 bis 14 Jahren betrug das mittlere Hirngewicht 1302 g.

Bei der Tabelle II, weiblich, ist das mittlere Hirngewicht der 2. Lebenswoche 349,5 g, des 1. Monates 379,3 g, des 2. Monates 418,2 g, des 6. Monates 664,3 g, des 4. Quartals 689,8 g.

Allmählich steigt das Hirngewicht, bis es im 14. Jahre 1265,1 g beträgt. Die Mittelgewichte der weiblichen Gehirne halten sich stets unter dem Mittel der männlichen Gehirne.

Die Ergebnisse der von mir auf der Klinik Professor Escherichs gefundenen Gehirngewichte habe ich in der Tabelle auf Seite 6 zusammengestellt. Die Gewichte beziehen sich auf das ganze Gehirn bis zur Pyramidenkreuzung und wurden in derselben Weise ermittelt, wie sie Pfister bestimmte. Außer dem Alter, Geschlecht und dem Hirngewichte habe ich die Körperlänge, den Schädelumfang und die Todesursache in der Tabelle ersichtlich gemacht.

Die Ergebnisse sind nach dem vorher Besprochenen direkt aus der Tabelle zu entnehmen.

Die Differenz der Hirngewichte beider Geschlechter beträgt beim Neugeborenen 10 g und wird im Laufe der Entwicklung immer größer.

Außer diesen Mittelwerten der Hirngewichte sind aber auch in seltenen Fällen recht hohe Gewichtszahlen für das kindliche Gehirn gefunden worden; Wagner schildert das Gewicht eines blutarmen Gehirnes von einem 13jährigen Knaben mit 1732 g und Lorey bei einem 6jährigen Knaben mit 1840 g.

Das Wachstum des kindlichen Gehirnes ist aber auch oft individuellen Schwankungen unterworfen, indem unter gewissen, nicht näher bekannten Bedingungen ein frühzeitiges, abnorm rasches Wachstum des Gehirnes eintritt.

Pfister hat außer den Gesamthirngewichten auch die Teilgewichte der Großhirnhemisphären beim Kinde bestimmt.

Beim erwachsenen Menschen fanden Boyd, Ogle, Broca, Topinard und Hasse ein Überwiegen der linken Hirnhälfte,

## Gehirngewichte.

| Geschlecht | Alter | Körperlänge | Schädelumfang | Krankheit | Bemerkung | Gehirngewicht |
|---|---|---|---|---|---|---|
| männlich | 6 Tage | 56 cm | — | Tatanus neonatorum | — | 480 g |
| weiblich | 7 Wochen | 52 „ | — | Lues congenita | schwächlich | 450 „ |
| „ | 3 Monate | 54 „ | 36,5 cm | Lues congenita | schwächlich | 500 „ |
| „ | 6 „ | 65 „ | 42 „ | Meningitis tuberculosa | — | 640 „ |
| „ | 6 „ | — | — | „ | abgemagert | 515 „ |
| männlich | 8 „ | 60 „ | 43,5 cm | Pneumonia lobularis | — | 820 „ |
| „ | 11 „ | 76 „ | 44 „ | Meningitis tuberculosa | abgemagert | 760 „ |
| „ | 19 „ | 68 „ | 44 „ | Anaemia gravis | schwächlich abgemagert | 820 „ |
| weiblich | $2^1/_2$ Jahre | 82 „ | — | Meningitis tuberculosa | — | 1090 „ |
| „ | 3 „ | 88 „ | — | „ | ziemlich gut genährt | 1110 „ |
| männlich | 3 „ | 80 „ | — | Pneumonia lobularis | mager | 1230 „ |
| weiblich | 3 „ | 73 „ | — | Nephritis chronica | ziemlich gut genährt | 1160 „ |
| männlich | $3^{10}/_{12}$ „ | 90 „ | — | Tuberkulose der Schädelbasis | — | 1170 „ |
| weiblich | 5 „ | 87 „ | — | Meningitis tuberculosa | — | 1040 „ |
| männlich | 5 „ | 98 „ | — | „ | abgemagert | 1110 „ |
| weiblich | $5^9/_{12}$ „ | 102 „ | — | „ | „ | 1200 „ |
| männlich | $6^1/_2$ „ | — | — | Spondylitis tuberculosa | — | 1300 „ |
| weiblich | 7 „ | 110 „ | — | Meningitis tuberculosa | — | 1010 „ |
| „ | 7 „ | 108 „ | — | Miliare Tuberculose | — | 1250 „ |
| männlich | 11 „ | 121 „ | Schädeldach 10 cm : 14 cm | Endocarditis rheumatica | — | 1190 „ |
| „ | 13 „ | 135 „ | 52,5 cm | Meningitis tuberculosa | gracil, mäßig gut genährt | 1250 „ |
| „ | 13 „ | 160 „ | — | Typhus abd. | — | 1385 „ |
| weiblich | 13 „ | 136 „ | — | Meningitis tuberculosa | — | 1090 „ |

Männlich:

| Alter | Körperlänge | Schädelumfang | Gehirngewicht |
|---|---|---|---|
| 6 Tage | 56 cm | — | 480 g |
| 8 Monate | 60 „ | 43,5 cm | 820 „ |
| 11 „ | 76 „ | 44 „ | 760 „ |
| 19 „ | 68 „ | 44 „ | 820 „ |
| 3 Jahre | 80 „ | — | 1230 „ |
| $3^{10}/_{12}$ „ | 90 „ | — | 1170 „ |
| 5 „ | 98 „ | — | 1110 „ |
| $6^{1}/_{2}$ „ | — | — | 1300 „ |
| 11 „ | 121 „ | 10 : 14 cm | 1190 „ |
| 13 „ | 135 „ | 52,5 „ | 1250 „ |
| 13 „ | 160 „ | — | 1385 „ |

Weiblich:

| | | | |
|---|---|---|---|
| 7 Wochen | 52 cm | — | 450 g |
| 3 Monate | 54 „ | 36,5 cm | 500 „ |
| 6 „ | 65 „ | 42 „ | 640 „ |
| 6 „ | — | — | 515 „ |
| $2^{1}/_{2}$ Jahre | 82 „ | — | 1090 „ |
| 3 „ | 88 „ | — | 1110 „ |
| 3 „ | 73 „ | — | 1160 „ |
| 5 „ | 87 „ | — | 1040 „ |
| $5^{9}/_{12}$ „ | 102 „ | — | 1200 „ |
| 7 „ | 110 „ | — | 1010 „ |
| 7 „ | 108 „ | — | 1250 „ |
| 13 „ | 136 „ | — | 1090 „ |

Marandon de Montyel fand die linke Hemisphäre um 5 g schwerer als die rechte.

Morselli fand bei 722 Gehirnen Geistesgesunder ein gleiches Gewicht beider Hirnhälften in 11%, die rechte schwerer als die linke in 50%, die linke schwerer als die rechte in 39%.

Braune fand in 100 Fällen die Hirnhälften einmal gleich, 47mal die rechte größer, 52mal die linke größer, wobei es sich meist um geringe Differenzen handelte. Beim Großhirn allein fand Braune unter 92 Wägungen einmal die Hemisphären gleich, 54mal überwog die rechte, 37mal die linke Hemisphäre. Armand B. Paulier fand durchschnittlich die rechte Hemisphäre des Gehirnes schwerer. Nach Motti ist bei normalen Gehirnen gewöhnlich die linke Hemisphäre um 1 bis 27 g schwerer.

Auch die Untersuchungen des Gewichtes der Hemisphären bei Geisteskranken (Luys, Marandon de Montyel, Morselli, Sepilli, Wilwerth, Jensen, Tigges, Giacomini und Lombroso) ergaben abweichende Resultate, so daß eine bestimmte Art der Gewichtsverteilung beider Hirnhälften sich nicht angeben läßt.

Nach Danilewsky bleibt auch bei bedeutendem Überwiegen einer Seite das Verhältnis der grauen zur weißen Substanz beiderseits dasselbe, es würde also dann die schwerere Seite gleichmäßig an grauer und weißer Substanz zugenommen haben.

Pfister bestimmte an den Kinderhirnen nach Abtrennung des Hirnstammes (Kleinhirn, verlängertes Mark, Brücke und Vierhügel) im Hirnschenkelfuß das Gewicht beider Großhirnhälften, wie es in den obigen Tabellen verzeichnet ist.

An den 88 männlichen und 68 weiblichen Gehirnen war die linke Hemisphäre in 53,2 % schwerer, in 41,6 % leichter und in 5,1% der Fälle waren beide Hemisphären gleich. Die gefundenen Differenzen lagen zwischen 0,5 und 15 g; die meisten Gewichtsunterschiede betrugen weniger als 5 g, in 35,2% bei den Knaben und in 22 % bei den Mädchen betrug die Differenz 5 bis 9 g, in 2,2 % bei den männlichen und 2,9 % bei den weiblichen Gehirnen betrug die Gewichtsdifferenz der beiden Hemisphären 10 g und über 10 g.

Pfister fand demnach eine mäßige Prävalenz der linken Großhirnhemisphäre, ohne besonderen Einfluß des Geschlechts- und Altersunterschiedes.

### b. Kleinhirn.

Pfister machte auch Bestimmungen über die Entwicklung des Kleinhirnes in der Kinderzeit, sowohl was das relative als auch was das absolute Gewicht betrifft.

Das Verhältnis des Hinterhirnes (Kleinhirn, verlängertes Mark, Brücke und Vierhügel) zum Großhirn berechneten beim Erwachsenen Vesal auf 8,33:91,67, Wrisberg auf 7,7:92,3, Tiedemann auf 9,1:90,9, Haller, Cuvier auf 10:90, Soemmering auf 11,1:88,9, Wenzel, Meckel auf 11,1:88,9, Burdach auf 12,5:87,5, Gall auf 12,5 %.

Nach Prozenten berechnet beträgt das Hinterhirn beim Neugeborenen 6,7 %, beim Erwachsenen 12 bis 14%. Huschke

trennte das Hinterhirn so ab, daß die Vierhügel beim Großhirn blieben und gab an, daß das Hinterhirn um das 7- bis 8fache seines ursprünglichen Gewichtes beim Neugeborenen zunimmt.

Bezüglich des Geschlechtes gab Gall an, daß das weibliche Kleinhirn kleiner als das männliche sei, Hamilton und Arnold kamen zum gegenteiligen Resultat und ersterer berechnete das Hinterhirn der Frau auf 12,5 %, das des Mannes auf 11,1 % der Gesamthirnmasse; Reid gibt das Hinterhauptshirn auf 11,04% ♂ und 11,27% ♀ des Gesamthirnes an, annähernde Prozentzahlen geben Peacock ♂ = 11,136%, ♀ 11,198%, Sankey, Parchappe ♂ = 12,94%, ♀ = 11,88%, Krause ♂ = 11,11%, ♀ = 12,5%.

Nach Pfleger und Engel ist bei erwachsenen Frauen das Kleinhirn, besonders in der Blüte der Jahre, relativ stets schwerer als das männliche.

Huschke gibt ebenso wie Gall, Parchappe, Sankey und R. Wagner und entgegen R. Boyd an, daß das männliche Hinterhirn prävaliere, und zwar nach Huschke in allen Altersstufen. Im 20. bis 29. Jahre beträgt es 13,17 % beim Manne und 12,32 % der Hirnmasse beim Weibe. Bis zum 40. Jahre soll noch eine geringe Zunahme erfolgen. Als Extreme gibt Huschke für gesunde Erwachsene 9 und 16 % an.

Meynert gibt das Kleinhirn zu 10,5 % des Gesamthirnes an und fand nur einen minimalen relativen Gewichtsunterschied des kleinen Gehirnes für beide Geschlechter. Nach Weißbach, der die Vierhügel am Großhirn beließ, macht das kleine Gehirn beim Manne 12,13 %, beim Weibe 11,91 % des Gesamthirnes aus, nach Bischoff ♂ = 12,9%, ♀ = 12,8%

Das absolute Gewicht des eigentlichen Kleinhirnes ohne den Hirnstamm wurde von Buchstab mit 150,8 g für den Mann, mit 135,1 für das Weib angegeben; zum Gesamthirn verhält sich das Kleinhirn wie 1:9.

Meynert berechnete das Kleinhirngewicht von 390 Soldaten verschiedener Nationen, im Alter von 20 bis 48 Jahre und 171 cm mittlerer Größe auf 148 g oder 10,8 %. Bei 107 geistesgesunden Männern von 20—59 Jahren und 166,5 cm mittlerer Größe fand er das Kleinhirn 142 g (= 10,75 %) schwer, bei 148 geistesgesunden Weibern von 20 bis 59 Jahren und 156 cm mittlerer Größe 131 g (= 11 %), bei 377 geistesgesunden Weibern von 20 bis 80 Jahren und 155 cm mittlerer Größe 128 g (= 11,1 %).

Bezüglich der einzelnen Altersstufen verhält sich die Prozentzahl des Kleinhirnes zur Prozentzahl des Großhirnes nach Huschke:

| | beim Weibe | beim Manne |
|---|---|---|
| Im 1. Jahrzehnt wie | 8,84 : 91,16 | 9,37 : 90,63 |
| „ 2. „ „ | 11,37 : 88,63 | 9,47 : 90,53 |
| „ 3. „ „ | 10,78 : 89,22 | 10,62 : 89,38 |
| „ 4. „ „ | 10,81 : 89,19 | 10,96 : 89,04 |
| „ 5. „ „ | 11,03 : 88,97 | 11,17 : 88,83 |
| „ 6. „ „ | 10,52 : 89,48 | 11,18 : 88,82 |

Meynert gibt das Kleinhirngewicht des Neugeborenen mit 20 g gegenüber dem Gesamthirngewicht von 348 g, also mit 5,7 % des ganzen Hirnes an.

Meckel gab als Verhältniszahl des Kleinhirnes zum Großhirne beim reifen Fötus 4,17:95,83 % an, einen Monat nach der Geburt 5,55:94,45 %, nach einem halben Jahre 11,11:88,89 % an.

Huschke und Pfister kamen zu ähnlichen Zahlen bezüglich der absoluten Kleinhirngewichte. Nach Huschke ist die mittlere Verhältniszahl des Kleinhirnes zum Großhirne gleich nach der Geburt 5 bis 6 %, das Mittel der ersten 10 Jahre aber bereits 8 bis 9 % (♂ = 9,37 %, ♀ = 8,84 %), später in den vierziger Jahren bei beiden Geschlechtern 11 %.

Pfister fand bei 156 Gehirnen von 1 Woche bis 14 Jahren für das männliche Kleinhirn als mittleres Kleinhirngewicht, in Prozenten des Gesamthirngewichtes ausgedrückt, in den ersten 2 Wochen 5,823 %, in der 3. und 4. Woche 6,121 %, für das weibliche Kleinhirn in den ersten 2 Wochen 6,084 %, in der 3. und 4. Woche 6,424 %.

Die übrigen Prozentzahlen erhellen aus der beistehenden Tabelle III.

Beim männlichen Kleinhirn ergibt sich in der 3. und 4. Woche bereits eine deutliche Zunahme, so daß sich das Gesamtmittel des 1. Monates auf 5,972 % stellt. Das Kleinhirn nimmt dann zu und erreicht nach einem halben Jahre 9,753 % und nach einem Jahre 10,5 % des Gesamthirngewichtes.

In der weiteren Entwicklung ist eine deutliche Zunahme der relativen Kleinhirngröße bis Ende des 6. Jahres zu beobachten, dann scheint nach Pfister eher ein Zurückgehen im Vergleich zum Gesamthirn einzutreten, die Mittelwerte vom 7. bis 14. Jahre erreichen nie mehr als 11 %. Nach den Wägun-

gen Meynerts und Weißbachs scheint auch späterhin keine Zunahme der relativen Größe mehr zu erfolgen.

Beim weiblichen Kleinhirn fand Pfister im 1. Monat ein Mittel von 6,22% des Gesamthirnes, also um ein Geringes mehr als das relative Kleinhirngewicht gleichalter Knaben. Die Entwicklung des weiblichen Kleinhirnes schreitet ähnlich fort wie das des männlichen, und es erreicht nach 6 Monaten etwa 9%, nach 12 Monaten 10,8%. In der weiteren Entwicklung scheint aber nach Pfister bis zum 6. Jahre ein bedeutenderes Anwachsen des relativen Gewichtes stattzufinden als beim männlichen Gehirn, so daß 11,5% überschritten werden.

Pfister fand, daß das absolute Kleinhirngewicht der Knaben durchschnittlich größer ist als das der Mädchen, ohne daß sich aber eine deutliche Differenz, wenigstens in den ersten Jahren bezüglich der relativen Kleinhirngröße, zwischen beiden Geschlechtern bestimmen läßt. Erst vom zweiten Jahre ab scheint sich eine geringe Vergrößerung des relativen Gewichtes zu Gunsten des weiblichen Kleinhirnes einzustellen.

Sowohl Huschkes Angaben wie die Befunde Pfisters sprechen dafür, daß die absolute und relative Variabilität des Kleinhirngewichtes in beiden Geschlechtern an Hirnen des-

**Tabelle III.**

| Bis Ende des | Mittleres Gesamthirngewicht | | Mittleres Kleinhirngewicht in Prozenten des Gesamthirngewichtes | |
|---|---|---|---|---|
| | Männlich | Weiblich | Männlich | Weiblich |
| 1. Monates | 455,2 g | 379,3 g | 5,972 % | 6,220 % |
| 2. „ | 458,2 „ | 418,2 „ | 6,853 „ | 6,697 „ |
| 3. „ | 515,7 „ | 514,8 „ | 7,552 „ | 7,563 „ |
| 5. „ | 573,4 „ | 566,1 „ | 7,880 „ | 7,953 „ |
| 7. „ | 734 „ | 664,3 „ | 9,753 „ | 9,158 „ |
| 9. „ | 752,2 „ | 721,2 „ | 9,623 „ | 9,624 „ |
| 12. „ | 832,3 „ | 689,8 „ | 10,402 „ | 10,166 „ |
| 2. Jahres | 977,3 „ | 913,8 „ | 10,745 „ | 10,888 „ |
| 4. „ | 1150,4 „ | 1025,2 „ | 11,079 „ | 11,677 „ |
| 8. „ | 1202 „ | 1164,4 „ | 10,887 „ | 11,187 „ |
| 14. „ | 1279 „ | 1265,1 „ | 10,752 „ | 10,457 „ |

selben Alters eine häufige und oft bedeutende ist. Gall fand das Kleinhirn wechselnd zwischen $^1/_{13}$ und $^1/_{30}$ des Großhirnes.

Danielbekof fand bei 200 durchschnittlich einen Monat alten Kindern ein Kleinhirngewicht von 27 bezw. 28 g.

### c. Rückenmark.

Mies hat das Rückenmark in der Ebene des Hinterhauptloches vom verlängerten Marke abgetrennt und ohne Nervenwurzeln und Dura mater gewogen und die von anderen Forschern auf diese Weise vorgenommene Gewichtsbestimmungen berücksichtigt.

Das absolute, für sich allein betrachtete Gewicht des Rückenmarkes schwankte bei 21 ausgetragenen Kindern, die entweder tot zur Welt kamen oder in den ersten 11 Tagen starben, zwischen 2 und 6 g. Mies ordnete die Fälle nach der Schwere des Organes und teilte dieselben in 3 Gruppen und fand in der mittleren Gruppe ein Durchschnittsgewicht von 3 bis 3,4 g.

Beim erwachsenen Menschen war in 13 Fällen das Gewicht des Rückenmarkes 24 g die unterste und $33^1/_3$ g die oberste Grenze. In der mittleren Gruppe dieser Fälle betrug das Gewicht des Rückenmarkes 25 bis 27 g.

Im Mittel wog demnach das Rückenmark des Neugeborenen 3,42, des Erwachsenen 27 g. Die Gewichtszunahme ist daher fast 8fach. $27 : 3{,}42 = 7{,}89$.

Eine größere Gewichtszunahme in der Entwicklung des Rückenmarkes fand Mies bei Katzen ($8{,}21 : 0{,}3 = 27{,}4$), Kaninchen ($5{,}101 : 0{,}148 = 34{,}5$) und Dachshunden ($15{,}2 : 0{,}35 = 43{,}4$).

Sowohl beim Menschen wie beim Tiere vermehrt sich das Gewicht des Rückenmarkes in der frühen Kindzeit schnell, später langsamer. Es nimmt noch an Masse zu, nachdem das Gehirn schon aufgehört hat zu wachsen. Auch der Schwund des Rückenmarkes beginnt in einem höheren Alter als der des Gehirnes.

Wenn man bezüglich der Entwicklung das Gewicht des Rückenmarkes und des Gehirnes bei Neugeborenen mit den Gewichten dieser Organe in den Zeitpunkten der Jugend vergleicht, so findet man, daß das Rückenmark seine Masse stets mehr vervielfacht als das Gehirn. Beim Kaninchen ist nach der Geburt das Großhirn 9mal schwerer als das Rücken-

mark, beim ausgewachsenen Kaninchen nur doppelt so schwer. Diese Gewichtsveränderungen in den Beziehungen zwischen Gesamthirn und Rückenmark gehen bis zum Ende der 5. Woche schnell, in der folgenden Zeit des ersten Vierteljahres etwas langsamer und dann ganz allmählich vor sich. Bei der Katze sinkt die Verhältniszahl zwischen den Gewichten des Gehirnes und des Rückenmarkes von 14 auf $3^1/_2$, beim Dachshunde von $19^1/_4$ auf 5. Das Verhältnis des Gewichtes des Rückenmarkes zum Gehirne ist bei verschiedenen Tieren sehr verschieden, so ist nach Mies bei dem Star und dem Zeisig das Gehirn 10mal so schwer als das Rückenmark; einige Fische und die meisten Amphibien besitzen ein größeres Rückenmark- als Gehirngewicht.

Der Mensch hat im Verhältnis zu seinem Rückenmarke viel mehr Gehirn als die Tiere. Mies fand das Gehirn eines dreimonatigen Fötus 18mal und das Gehirn eines menschlichen Fötus im 5. Monate 101,18mal schwerer als das Rückenmark. Bei 11 ausgetragenen Mädchen war das Gehirn im Mittel 113,11mal, bei 10 rechtzeitig geborenen Knaben 116,42mal schwerer als das Rückenmark.

Beim erwachsenen Menschen fand Mies bezüglich des Einflusses des Geschlechtes auf das Gewicht des Rückenmarkes und Gehirnes bei 10 Männern eine höhere Verhältniszahl ($51^1/_3$) als bei 4 Frauen (49,47).

Die Verhältniszahl zwischen dem Gewichte des Rückenmarkes und des ganzen Körpergewichtes ändert sich nach Mies bei fortschreitendem Alter und der ungleichen Vermehrung dieser beiden Gewichte. Beim Kaninchen steigt sie von 273,0 auf 660,7, bei der Katze von 276,9 auf 413. Für den Dachshund hat Mies bis in die 11. Woche eine fortschreitende Abnahme und von da eine Zunahme annähernd bis zu der bei der Geburt gefundenen Höhe dieser Zahl berechnet 555,8—331,1—560,5). Der neugeborene Mensch wiegt im Mittel 851,4, der erwachsene 1848,5mal so viel als sein Rückenmark.

Die Länge des Körpers eignet sich nach Mies besser als das Körpergewicht zur Beurteilung des Rückenmarkgewichtes, eine krankhafte Vermehrung oder Verminderung desselben zu erkennen. Mies fand im Mittel, daß beim Erwachsenen 1 g Rückenmark auf 62,5 mm Körperlänge, bei einem neugeborenen Knaben 1 g Rückenmark auf 98 mm Kör-

perlänge und bei einem 6monatigen Fötus 1 g Rückenmark auf 373,3 mm Körperlänge kommt.

Kaninchen und Katzen (Mies) haben hinsichtlich ihrer Länge weniger Rückenmark als die Menschen. Die Vögel haben im Hinblick auf ihre Länge ein leichtes Rückenmark, bei einer Mauerschwalbe kommt 1 g Rückenmark auf 1036 mm Länge, bei den Lachtauben auf 1439,5 mm, beim Star auf 1444 mm, beim Hundshai (Treviranus) auf 1380 mm, beim Dornrochen auf 3129 mm, bei der Maus (Mies) auf 1355 mm, bei der Ratte auf 409 mm, beim Schwein auf 35,5 mm Körperlänge.

Beim Kaninchen ändert sich nach Mies die Verhältniszahl zwischen Gewicht des Rückenmarkes und der Länge des Körpers schon nach der 14. Woche nicht mehr; in den ersten 5 Wochen nach der Geburt sinkt die Verhältniszahl schnell von 1027 auf 273,5, dann bis Schluß der 14. Woche etwas langsamer auf 164,5 und nimmt dann nur noch wenig bis auf 130,3 bei einem $1^1/_2$jährigen Kaninchen ab.

Bei der $2^1/_2$ Tage alten Katze fand Mies, daß die in Millimetern angegebene Körperlänge 482, bei einer 5 Wochen alten 249 und bei einer noch nicht ganz ausgewachsenen 108mal so groß war als das in Gramm ausgedrückte Körpergewicht.

Die männlichen Menschen und Tiere haben eine kleinere Verhältniszahl zwischen dem Gewichte des Rückenmarkes und der Körperlänge als die weiblichen, was nach Mies darauf beruht, daß die männlichen Individuen meist größer sind und mit der Zunahme der Körperlänge das Gewicht des Rückenmarkes sich im allgemeinen so sehr vermehrt, daß die Verhältniszahl zwischen ihm und der Körperlänge kleiner wird.

Bezüglich der Morphologie des kindlichen Rückenmarkes ist zu erwähnen, daß das Rückenmark, das beim erwachsenen Menschen bis zum zweiten Lendenwirbel reicht, beim Neugeborenen tiefer herabreicht, und noch tiefer beim Fötus.

## Die Gehirnfurchung.

Die fötalen Großhirnhemisphären wachsen sehr rasch und bedecken bereits im 3. Monate die Sehhügel, erreichen im 4. Monate die Vierhügel und überdecken im 7. Fötalmonate bereits das ganze Kleinhirn. Die anfangs dünnen Wände der Großhirnbläschen erhalten immer mehr Fasermasse, die teils

dem Projektions-, teils dem Assoziationssystem, teils dem Balkensystem angehört. Diese Fasermasse wird erst später markhaltig. Durch dieses Anwachsen wird die Ventrikelhöhle immer mehr eingeengt. Schon frühzeitig entstehen an der Innen- und Außenwand des Hirnmantels zahlreiche, teils transitorische, teils definitive Furchen.

Die temporären Furchen, welche radiär an der Innen- und Außenfläche der Hemisphäre erscheinen, verschwinden gegen den 4. Fötalmonat, sie werden übrigens von Hochstetter und Retzius für Kunstprodukte der Härtungsflüssigkeiten gehalten.

Gegen den 2. Fötalmonat erscheint an der Innenfläche des Großhirns die Randbogen- und Ammonsfurche (Sulcus corporis callosi), welche den Sehhügel umfaßt und im unteren Abschnitte den Sulcus Hippocampi, im oberen den Balkensinus bildet. In der Temporalgegend drückt diese Furche die Hemisphärenwand in den Ventrikel ein und bildet das Cornu Ammonis.

Am Ende des 3. Fötalmonates erscheint die Fissura calcarina, welche ebenfalls die Ventrikelwand einstülpt und den Calcar avis erzeugt.

Im Anfange des 4. Fötalmonats vereinigt sich die Fissura parieto-occipitalis mit der Fissura calcarina, wodurch der Cuneus begrenzt erscheint.

Die Fissura parieto-occipitalis erreicht im 6. und 7. Fötalmonat den oberen Rand der Hemisphäre und grenzt an der Außenfläche den Hinterhauptslappen nach vorn ab.

Diese drei Furchen, Randbogenfurche, Fissura calcarina und parieto-occipitalis sind primäre Furchen und stülpen die ganze Hemisphärenwand ein, während die später sich entwickelnden sekundären Furchen der Innenwand nur die Rinde und die darunterliegende Markmasse durchfurchen.

In der Mitte des 5. Fötalmonats bildet sich die Fissura calloso-marginalis, welche den Gyrus fornicatus von der Innenwindung der obersten Stirnwindung trennt.

Bis zum 6. Fötalmonat besitzt die Hemisphäre nur eine äußere und innere Fläche, um diese Zeit erscheint nun auch eine untere Fläche, welche auf dem Tentorium cerebelli, der mittleren und vorderen Schädelgrube aufruht.

Beim Fötus mit 7 Monaten erstreckt sich nach Monakow die Fissura parieto-occipitalis häufig weit über den oberen

Hemisphärenrand hinaus und greift auf die Konvexität über. Sie täuscht hier bei der unbedeutenden Entwicklung der Interparietalfurche bisweilen eine Affenspalte vor; das spätere Verschwinden dieses Furchenzweiges erklärt sich durch das gewaltige Wachstum des Gyrus angularis und des Praecuneus im letzten Monat der Gravidität, wodurch die Furche wieder nach abwärts zur medialen Partie gedrängt, mehrfach umgebogen und schließlich in der Hauptspalte völlig untergebracht wird.

Im 6. Fötalmonat erscheint an der unteren Fläche des Großhirnes die erste Andeutung der Fissura occipito-temporalis, welche durch Einstülpung der Ventrikelwand die Eminentia collateralis von Meckel bildet. Im 8. Fötalmonat ist diese Furche bereits gut ausgebildet und trennt den Lobulus fusiformis vom Lobulus lingualis und Gyrus Hippocampi.

Gegen das Ende des intrauterinen Lebens entsteht an der Innenseite eine kleine subparietale Furche, welche den Gyrus fornicatus vom Vorzwickel trennt. Um dieselbe Zeit entsteht eine kleine Furche an der Innenfläche, welche die Innenfläche der Zentralwindungen, den Lobulus paracentralis, von der Innenwindung der obersten Stirnwindung abgrenzt.

An der Außenfläche des Großhirnes erscheint die Fissura Sylvii schon am Ende des 1. Fötalmonates in Form eines leichten Eindruckes; mit der Entwicklung des Hirnmantels nimmt die Tiefe der Furche zu, im 3. Fötalmonat bildet sie einen vertikalen Bogen, der die Insel umfaßt, und im 4. Fötalmonat verlängert und verschmälert sie sich nach oben und hinten. Infolge Entwicklung des fronto-parietalen Lappens bildet sich im 5. Monate eine Art Operculum, welches in seiner Weiterentwicklung allmählich im 7. und 8. Monat die Insel und Fossa Sylvii immer mehr verdeckt. Zu Beginn des 9. Monates finden wir noch einen kleinen dreieckigen Teil der Insel am Beginne der Sylvischen Furche freiliegend. Am Ende des 9. und am Beginne des 10. Fötalmonates ist die Insel vollständig infolge Entwicklung des Operculums und des Schläfelappens in der Tiefe der Sylvischen Furche verborgen.

Die Insel ist in den ersten acht Fötalmonaten ungefaltet, am Ende des 9. Monates und am Beginne des 10. erscheinen an der Oberfläche vier oder fünf leichte, radiäre Furchen, welche die Inselwindungen bilden.

Ende des 5. Monates und im 6. Monate erscheint die Zentralfurche, welche den Stirnlappen vom Scheitellappen

trennt, im 7. Monate erscheint auch die Fissura parieto-occipitalis an der Außenfläche und trennt den Scheitellappen vom Occipitallappen.

Im 7. Monat erscheint auch der Sulcus occipitalis anterior von Wernicke, welcher den Hinterhauptslappen vom Schläfelappen trennt.

Die sekundären Furchen an der Außenseite sind bereits im 6. und 7. Fötalmonate angedeutet, am Ende des 8. und im 9. Fötalmonate sind sie völlig ausgebildet.

Im Stirnlappen finden wir am Ende des 6. Fötalmonates die untere Stirnfurche erscheinen, sie gibt einen auf- und absteigenden Ast vor der Zentralfurche ab, welcher die Präzentralfurche bildet. Hierauf erscheint die obere Stirnfurche und an der orbitalen Fläche der Sulcus olfactorius.

Gegen den 7. Fötalmonat erscheint die Fissura callosomarginalis am oberen Rand des Scheitellappens und zugleich am Ende des 6. Fötalmonates erscheint die Fissura interparietalis, durch welche der Scheitellappen in ein oberes und unteres Scheitelläppchen zerfällt. Das obere Scheitelläppchen korrespondiert mit der angrenzenden äußeren Fläche des Vorzwickels. Das untere Scheitelläppchen teilt sich in eine vordere Partie (Gyrus supramarginalis), welche das hintere Ende der Sylvischen Furche umgibt und sich in die Schläfewindung fortsetzt und in eine hintere Partie (Gyrus angularis), welche um das Ende der ersten Schläfefurche gelegen ist und sich in den Hinterhauptslappen fortsetzt.

Am Schläfelappen finden wir gegen den 6. Fötalmonat die erste Schläfefurche entstehen, welche parallel dem hinteren Teile der Furche verläuft und mehr minder tief das untere Scheitelläppchen durchfurcht.

Gegen den 7. Fötalmonat erscheint die zweite, gegen den 8. die dritte Schläfefurche. Der Schläfelappen ist dann an seiner äußeren Fläche durch die drei parallel von vorn nach hinten laufenden Schläfewindungen gebildet, welche vorn den Temporalpol bilden. An der Unterfläche des Schläfelappens finden wir die Unterseite der dritten Schläfewindung und den Lobulus fusiformis.

Der Hinterhauptslappen ist nach vorn durch die parietooccipitale Furche und die vordere Hinterhauptsfurche von Wernicke abgegrenzt und bildet an der Innenseite den Zwickel und den Lobulus lingualis. Gegen den 8. Fötalmonat erscheint die Fissura occipitalis superior, welche dann mit der Inter-

parietalfurche zusammenfließt und sich am Ende gabelt und im 8. Fötalmonate den Sulcus occipitalis transversus bildet. Gegen den 8. Fötalmonat erscheint auch die untere Hinterhauptsfurche. Durch diese beiden Furchen werden die obere, mittlere und untere Hinterhauptswindung gebildet, die sich rückwärts vereinen und den Gyrus descendens formen. Die oberste Hinterhauptsverbindung bildet die obere und äußere Begrenzung des Zwickels und vereinigt sich mit dem oberen Scheitelläppchen, die mittlere hängt mit dem Gyrus angularis zusammen, die unterste mit der dritten Schläfewindung.

Im 9. Fötalmonat sind alle Furchen und Windungen klar angedeutet, gegen Ende des 9. und im 10. Monate erscheinen die sekundären Furchen und die tiefen und oberflächlichen Übergangswindungen.

Es ändert sich während der ganzen Wachstumsperiode das Gesamtbild der Furchen dadurch, daß einzelne Hirnteile sich mächtiger entwickeln, andere aber zurückbleiben.

Bezüglich der zeitlichen Entwicklung der Furchen und Windungen finden sich nach Sernoff bedeutende individuelle Differenzen, so daß das Oberflächenbild des Großhirnes nicht als sicherer Anhaltspunkt zur Bestimmung des Alters eines Fötus gelten kann. Zur Zeit der Geburt sind beim Menschen die Hauptfurchen bereits alle vollständig vorhanden, die sekundären und tertiären Furchen brauchen aber nach Sernoff noch einen Monat zu ihrer vollständigen Ausbildung.

Bezüglich der Furchenbildung erwähnt Flechsig, daß nicht die Furche sich in die Tiefe senkt, sondern die Windungen sich emporheben über das umgebende Niveau. Es findet eine Ausstülpung der Hirnoberfläche statt, nicht eine Einstülpung, und zwar vermutlich durch wachsende Fasersysteme. Vermutlich gibt es in bezug auf die Ursachen mehrere verschiedene Arten von Furchen.

Monakow fand beim $3^1/_2$monatigen Kinde sehr anschaulich die Art und Weise der Bildung von sekundären Windungen. Die Nebenwindungen bilden sich als seitliche Ausstülpungen der an dieser Stelle noch völlig marklosen Rindenanlage. Von dem relativ breiten Windungskamm stülpt sich gewöhnlich in der Nähe des Überganges der Windung in die Furche ein schlingenförmiger Rindenfortsatz aus, der zuerst in seiner Faseranlage marklos bleibt. Nachdem nun in das Zentrum des Rückens der Grundwindung ein pinselförmiges Markbüschel hineingewachsen ist, zweigt sich ein seitlicher, schwach mark-

haltiger Fortsatz von dem genannten Büschel in der Richtung gegen die junge seitliche Rindenausstülpung ab. Diese, sowie der erwähnte Fortsatz wachsen allmählich weit aus, und es kommt zur Entstehung einer neuen Windung, die bald einen ganz ausgesprochenen, wenn auch nur leicht markhaltigen Markkegel erhält. Die der Rinde zunächst liegende Fasermasse (Fibrae propriae) bleibt während längerer Zeit noch schmal und verrät nur spärliche Markfasern.

Flechsig weist darauf hin, daß die Verfolgung der Markentwicklung in den Großhirnwindungen wichtige Aufschlüsse über die Ursachen des gesetzmäßigen Nacheinanders gewährt, in welchem sich die Furchen der Großhirnoberfläche bilden. Die Furchen innerhalb oder am Rande der Primordialgebiete bilden sich sehr früh, die Furchen innerhalb der Terminalgebiete zuletzt. Diese Entwicklungsfolge wird zum großen Teil wenigstens durch die inneren Entwicklungsverhältnisse der Großhirnlappen bedingt. Nur hat man, um diese Gesetzmäßigkeit zu prüfen, sorgfältig zwischen transitorischen und dauernden Furchen zu unterscheiden.

Eine gewisse Ausnahmestellung nimmt die Fossa Sylvii ein, schon insofern, als sie von einer außerordentlich großen Zahl von myelogenetischen Rindenfeldern (mindestens 11) umgeben ist, und zwar sowohl von Primordial-, als von Intermediärgebieten, und selbst einem den Terminalgebieten nahestehenden Feld.

Im Gegensatze hierzu liegen die Zentralfurche, die Fissura calcarina, die Fissura Hippocampi je innerhalb eines Rindenfeldes, so daß man hier geradezu von Sinnesfurchen, d. h. Furchen, welche der Vergrößerung je einer Sinnessphäre dienen, sprechen kann. Sie entstehen alle besonders früh.

Charakteristisch ist das Verhalten verschiedener Abschnitte der Interparietalfurche. Zuerst entsteht der vorderste, der hinteren Zentralwindung anliegende Teil, hernach der hintere, das Feld 8, Fig. 7 nach außen begrenzende, zuletzt der mittlere Abschnitt.

Von der ersten Temporalfurche entwickelt sich zuerst der das Feld No. 5 (Hörsphäre) Fig. 7 begrenzende Teil, beträchtlich später der zwischen No. 18 und 36 verlaufende, Fig. 7. Flechsig stellt den Satz auf: „Wo frühreife Rindenbezirke, da frühe Furchen." An Schnittserien gewinnt man hierbei unmittelbar den Eindruck, daß die Stabkranzbündel, da wo sie mächtig auftreten (Taststrahlung der Zentralwindungen, Seh-

Nerven, die mit Chromsalzen vorbehandelt sind, durch Färbung mit Hämatoxylin und nachfolgender vorsichtiger Entfärbung als blauschwarze Fasern aus dem übrigen umgebenden entfärbten Gewebe hervorzuheben. Ambronn und Held fanden, daß eine markhaltige Nervenfaser zwischen zwei gekreuzten Nicols im polarisierten Lichte über einem Gipsplättchen, wenn ihre Längsachse mit der größten Elastizitätsachse des Gipsplättchens parallel steht, die Subtraktionsfarbe zeigt, bei Drehung um 90° dagegen die Additionsfarbe. Beim Gipsplättchen, Purpur I, erscheint dann die Markscheide in der Subtraktionsfarbe (rot, orange, gelb etc.), während die Bindegewebsscheiden, sowie die marklosen Nervenfasern die Additionsfarben (violett, indigo, blau) geben.

Die Farbenskala, welche Ambronn und Held den verschiedenen Bezeichnungen für die einzelnen Markentwicklungsstadien zu Grunde gelegt haben, ist: Weiß, Gelblichweiß, Strohgelb, Gelb, Orangegelb, Orange, Orangerot, Hellrot, Rot, Dunkelrot, Purpur, Violett, Indigo, Blau und Blaugrün. Die Farben Violett bis Blaugrün entsprechen dem Farbenton der marklosen Fasern (Additionsfarben) im polarisierten Lichte, die Farben Weiß bis Purpur bedeuten den Grad des Markgehaltes der Nervenfasern in absteigender Reihenfolge (Subtraktionsfarben).

Der Unterschied der kindlichen Nervenfaser von der erwachsenen war schon frühzeitig Remak aufgefallen (1836). Er fand beim zweitägigen Kaninchen alle Cerebrospinalnerven aus lauter wasserhellen, varikösen Fasern zusammengesetzt, von denen viele abwechselnd in die cylindrische und variköse Form übergehen, und manche an ihren cylindrischen Stellen in kurzen Strecken bereits mit einem feinen, helldurchsichtigen Mark erfüllt sind. Beim vier und fünf Wochen alten Kaninchen fand Remak bereits stärkere cylindrische Fasern meist mit einem wenig flüssigen Mark erfüllt, bald von graden, bald von unregelmäßig geschlängelten, stark eingekerbten Rändern begrenzt, an deren inneren Seite man eine parallel laufende feinere Linie unterscheidet; außerdem fand Remak noch feine cylindrische Fasern, die immer marklos und wasserhell waren und in ihrer Wandung keine doppelte Grenze unterscheiden ließen, durchgängig variköse Fasern und Übergangsfasern aus der cylindrischen in die variköse Form.

Zum Unterschiede von diesen kindlichen Fasern fand Remak beim erwachsenen Kaninchen die Markfasern von

einem viel undurchsichtigeren, dichteren, scheinbar schwerflüssigeren Mark erfüllt, als in der frühen Zeit. Viele von den feinen cylindrischen Formen waren mit einem weniger undurchsichtigen und weniger dichten Mark erfüllt; die rein varikösen Fasern waren sehr selten und die Übergangsformen viel seltener als in der frühen Zeit.

Ähnliche Unterschiede beobachtete Remak am Menschen, am Kalbe, an der Taube, an Fischen und am Frosche. Beim neugeborenen Menschen schienen ihm die Primitivfasern schon mehr entwickelt als beim neugeborenen Kaninchen.

Remak hat schon klar ausgesprochen, daß die Formelemente der Cerebrospinalnerven mehrere Entwicklungsstufen durchlaufen, die sich durch längere Zeit hinziehen, als man bisher dachte, und daß diese Primitivfasern zuerst varikös und marklos sind. Die meisten von ihnen gehen durch die Mittelstufe der Übergangsfasern in die Form der cylindrischen über, von denen sich manche mit einem im weiteren Verlaufe des Lebens immer dichter werdenden Mark füllen, manche scheinbar marklos, wenigstens wasserhell bleiben. Die Primitivfasern scheinen nach den vergleichenden Messungen bei dem Wachsen des Tieres nicht an Zahl, sondern nur in ihrem Durchmesser zuzunehmen.

Weitere Bemerkungen über den Unterschied der kindlichen und erwachsenen peripheren Nervenfaser finden wir bei Schwann, Hannover, Rosenthal, Kölliker, Sharpey, Gerlach, Reissner, Frey, Frommann, Max Schultze, Ranvier, Axel Key und Retzius, S. Mayer, Kuhnt, Perlik, Siemerling, Lenhossek und Schiefferdecker ausgesprochen, indem beobachtet wurde, daß die Markentwicklung bei der Geburt im peripheren Nervensystem noch eine unvollkommene ist und die jugendlichen Fasern sich durch Reichtum und Größe der Kerne, durch ihre protoplasmatische Umgebung und unausgebildeten Einschnürungen von der erwachsenen Nervenfaser unterscheiden.

A. Westphal untersuchte an 25 Kindern in verschiedenem Alter, von der Geburt bis zu drei Jahren, Nerven und Muskeln, wobei er vorwiegend dieses Material von solchen Kindern nahm, die schnell an Darmaffektionen oder Bronchitiden gestorben waren, und solche mit Infektionskrankheiten und längerem Siechtum ausschloß. Er untersuchte nach Zupf- und Schnittpräparaten, nach Färbung mit Osmiumsäure, Carmin, nach Weigert und Pal.

In seinen 25 Fällen untersuchte A. Westphal 18mal den Nervus ulnaris, 16mal den Nervus ischiadicus, 13mal den Nervus medianus, 7mal den Nervus radialis, 4mal den Nervus peroneus und Nervus tibialis posticus, 3mal den Nervus facialis und je 1mal den Plexus brachialis und Nervus tibialis anticus.

Auch Soltmann (1875) fand mittelst Osmiumfärbung und Zupfpräparaten gewisse Differenzen in der Struktur der Nerven neugeborener und erwachsener Tiere; er fand beim Nervus ischiadicus wie vagus beim neugeborenen Tier die Zahl der marklosen Fasern zahlreicher vertreten als beim erwachsenen, häufig fand er im Gesichtsfeld Fasern, die nur streckenweise markhaltig sind, streckenweise wieder marklos. Wo die Markscheide vorhanden war, war sie zarter, weniger dick und im Niveau des Kernes unterbrochen.

Die Nerven neugeborener Kinder enthalten nach A. Westphal nur vereinzelt doppelkonturierte Fasern mit einer sich durch Osmium gleichmäßig tiefschwarz färbenden Markumhüllung. Die schwarz gefärbten Markscheiden sind gewöhnlich dünn und zart und haben nur selten die tiefschwarze gesättigte Farbe der erwachsenen, mit Osmium behandelten Nervenfaser, das Mark ist nicht gleichmäßig abgelagert und fehlt streckenweise. Diese Unterbrechungen der Markscheiden sind von wechselnder, oft sehr beträchtlicher Länge.

Die meisten Fasern des Neugeborenen haben keine durch Osmium schwarz gefärbten Markscheiden und sind nicht doppelt konturiert, sondern zeigen einfache grünlich gefärbte Konturen. Auf Osmiumquerschnitten findet man ein fleckiges Aussehen der Nervenbündel, unregelmäßig zwischen zahlreichen Ringen mit grünlichen oder blauen Konturen sieht man einzelne Faserquerschnitte, die eine schmale, schwarz gefärbte Markscheide besitzen. Ganz Ähnliches findet man auf Schnitten, die mit Carmin, Nigrosin und nach Weigert-Pal behandelt wurden.

Die kindliche Nervenfaser ist demnach sehr markarm, und wo eine Markscheide vorhanden ist, ist dieselbe dünn und schmal, mit mancherlei Unterbrechungen. Das Mark in der kindlichen Nervenfaser bildet sich erst nach und nach, bis es den vollen Markgehalt des Erwachsenen erreicht.

Wichtig ist der Befund A. Westphals, daß die Entwicklung des peripherischen Nerven nicht in allen Fällen eine gleichmäßige

ist, es finden sich diesbezüglich sowohl Unterschiede zwischen den Nerven verschiedener Individuen, als auch zwischen den einzelnen Nerven und den Bündeln ein und desselben Nerven bei demselben Individuum. So fand Westphal die peripheren Nerven eines Neugeborenen in der Entwicklung viel weiter zurück als bei einem zweiten. Der Facialis war besser markhaltig bei einem Neugeborenen als der Ulnaris eines zweiten. Bei dem-

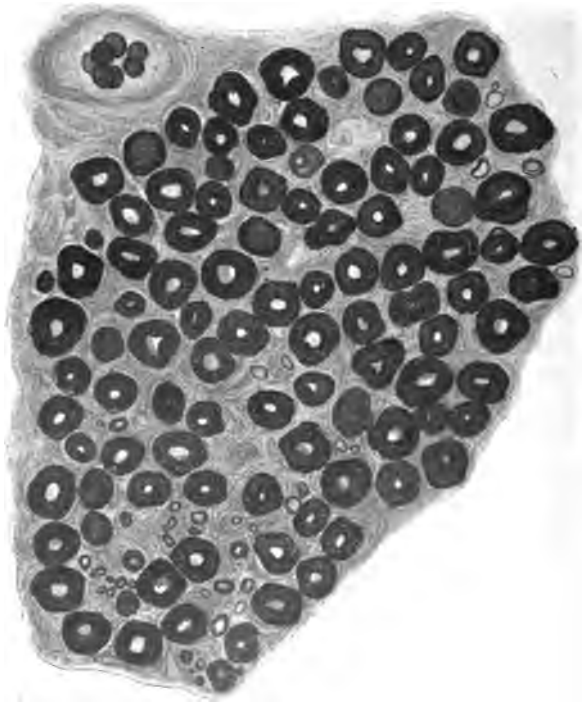


Fig. 1.
Querschnitt des Nervus medianus eines 45jährigen, kräftigen Mannes. Osmiumfärbung. Zeiss D, Ocl. 4 (1 : 420). (Aus A. Westphal, Arch. f. Psychiatrie, Bd. 26.)

selben Neugeborenen war der Ischiadicus weiter entwickelt als der Medianus. Im Nervus peroneus eines Neugeborenen fand er dicht beieinanderliegende Bündel desselben Nerven verschieden entwickelt.

Nerven, die an verschiedenen Stellen ihres Verlaufes untersucht wurden, zeigten keine Unterschiede in der Markscheidenbildung an ihren zentralen, mittleren und peripherischen Teilen. Nur bei einem Neugeborenen fiel es Westphal auf, daß die Fasern der peripherischen Partien des Nervus

medianus besser markhaltig waren, als diejenigen beim Austritte aus dem Plexus brachialis.

Die allgemeine Entwicklung, Länge und Gewicht von gleichalterigen Individuen scheint nicht Hand in Hand mit der Ausbildung der Markscheiden gehen zu müssen, der stärkste Neugeborene (56 cm, 7000 g) zeigte keine bessere Ausbildung der Markscheiden als der kleinste (45,7 cm Länge).

Auch der Achsencylinder des kindlichen Nerven unterscheidet sich vom erwachsenen. Während beim erwachsenen

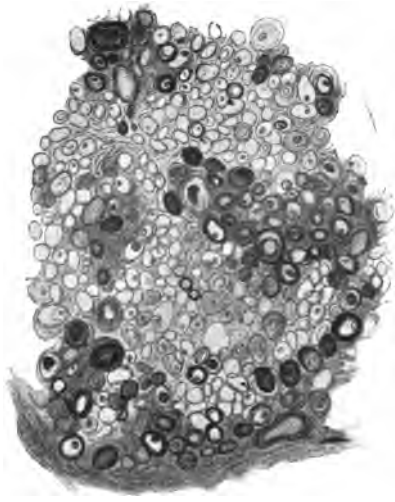


Fig. 2.
Querschnitt des Nervus ulnaris eines neugeborenen Kindes.
Zeiss D, Ocl. 4 (1:920). (Aus A. Westphal, Arch. f. Psychiatrie, Bd. 26.)

Nerven die Achsencylinder durch Osmiumsäure eine schwach grauliche Färbung annehmen oder kaum gefärbt weißlich erscheinen, sehen wir bei kindlichen peripheren Nervenfasern zahlreiche Achsencylinder grünlich gefärbt innerhalb der dunklen Markscheide hervortreten. Außerdem findet man auf Zupfpräparaten und Längsschnitten gleichmäßig grünlich gefärbte Fasern, denen auf Querschnitten grünliche freiliegende Scheiben von 12 $\mu$ entsprechen, und welche freie Achsencylinder darstellen.

Ein weiterer Unterschied zwischen den Nervenfasern Erwachsener und Neugeborener ist der, daß die Ranvierschen Einschnürungen in den durch Osmium grünlich gefärbten, nicht entwickelten Fasern Neugeborener nicht oder nur andeutungs-

weise vorhanden sind, und auch ein großer Teil der schon entwickelten Markfasern zeigt diese Einschnürungen nur undeutlich und unregelmäßig. Auch von den Lantermannschen Unterbrechungen des Marks lassen die unentwickelten Fasern Neugeborener nichts erkennen, während an den schwarzes Mark besitzenden Fasern diese Unterbrechungen mitunter hervortreten.

Die Kerne der Schwannschen Scheide sind in der Nervenfaser des Neugeborenen von beträchtlicher Größe (10—14 $\mu$ Länge), sie sind gekörnt und von reichlichen körnigen Massen umgeben, und sind zahlreicher als in der erwachsenen Faser.

Die Breite der peripherischen Nervenfaser des Neugeborenen ist 1,3—10,8 $\mu$, während die Faser des Erwachsenen eine Dicke von 20 $\mu$ erreicht. Die durchschnittliche Breite der Nervenfaser des Neugeborenen ist 3—4 $\mu$, des Erwachsenen 16 $\mu$.

Variköse Fasern kommen beim Neugeborenen häufiger vor als beim Erwachsenen.

Das Endo- und Perineurium erscheint bei der peripherischen Nervenfaser des Neugeborenen sehr kernreich, die bindegewebigen Septa in den einzelnen Bündeln oft auffallend breit.

Wenn man die Weiterentwicklung der peripherischen Nervenfaser des Neugeborenen verfolgt, so findet man in der 2. Lebenswoche die Markentwicklung vorgeschritten, doch überwiegen noch die unentwickelten, grünlichen Fasern.

Einen größeren Fortschritt in der Entwicklung zeigen die Fasern in der 3. und 6. Woche. Die markhaltigen Fasern haben an Zahl zugenommen und liegen dichter beisammen, die Markscheiden sind an vielen Fasern breiter und stärker schwarz gefärbt als beim Neugeborenen und die Markablagerung ist eine gleichmäßigere. Der Fortschritt der Markbildung ist kein gleichmäßiger. Geringe Unterschiede in der Entwicklung zeigen die einzelnen Bündel desselben Nerven unter sich.

Die freien breiten Achsencylinder zeigen um diese Zeit zum Teil eine beginnende Markanlagerung in Gestalt feiner dunkler Linien. Sie liegen unregelmäßig zwischen den Nervenfasern zerstreut und sind an manchen Stellen zahlreicher als die markhaltigen Fasern, wodurch das eigentümliche Aussehen der Bündel bedingt ist.

Die Ranvierschen und Lantermannschen Einschnürungen sind um diese Zeit so beschaffen wie beim Neugeborenen.

Die durchschnittliche Breite der Fasern ist in der 6. Woche doppelt so groß als beim Neugeborenen.

Das Bindegewebe ist ebenso reichlich und kernreich wie beim Neugeborenen.

Im 3. Monate zeigen sich schon streckenweis durch Osmium schwarz gefärbte Markscheiden. Fasern mit grünlichen Konturen und variköse Fasern sind seltener geworden.

Mit $4^1/_2$ und 5 Monaten finden sich schon einzelne Bündel aus durchweg gut entwickelten Fasern, deren Markscheide durch Osmium tiefschwarz gefärbt ist, die meisten Bündel zeigen aber noch zerstreute oder zusammenliegende, durch Osmium sich grünlich färbende Fasern.

Auch im 8. Monat findet sich durch diese Verteilung unentwickelter und entwickelter Fasern ein fleckiges Aussehen der meisten Bündel. Die Markscheiden haben zugenommen und färben sich intensiver schwarz.

Freie Achsencylinder finden sich noch vom 3. bis 8. Monate in den meisten Bündeln.

Nach dem 1. Jahre werden die Bündel, welche nur aus Fasern mit schwarzen Markringen zusammengesetzt sind, häufiger, die entwickelten Fasern liegen dichter beisammen, es finden sich dazwischen nur vereinzelte oder in kleinen Gruppen zusammenliegende Fasern mit grünlichen Konturen. Die Markscheiden sind bereits von beträchtlicher Dicke und intensiv schwarz. Freie Achsencylinder sind selten und nicht auffallend groß.

Nerven aus dem 2. Jahre zeigen keine erheblichen Abweichungen von dem erwachsenen Zustand. Die meisten Nerven bestehen aus Fasern mit völlig ausgebildeten Markscheiden. Die Bündel haben kein fleckiges Aussehen. Einzelne Bündel mancher Nerven enthalten in spärlicher Anzahl zwischen den dichtliegenden schwarzen Markfasern Fasern mit grünlicher Markscheide. Freie Achsencylinder sind ganz vereinzelt nachweisbar, in manchen Nerven gar nicht vorhanden.

Auch in diesem Stadium betont A. Westphal die Tatsache, daß die Markentwicklung keine ganz regelmäßige ist, sondern nach dem Individuum, nach den verschiedenen Nerven desselben Individuums, ja sogar in den einzelnen Bündeln eines Nerven gewissen Schwankungen unterliegt, für die sich eine bestimmte Gesetzmäßigkeit nicht feststellen läßt. Einzelne Nerven oder Bündel desselben können bei einem älteren Kinde weniger entwickelt erscheinen als die entsprechenden Nerven

eines jüngeren Kindes. Die Markentwicklung gibt also kein gültiges Bild für die Altersstufe engerer Grenzen, wohl aber kann man stets unter normalen Verhältnissen die jugendliche von der erwachsenen peripherischen Nervenfaser unterscheiden.

Die Ranvierschen und Lantermannschen Einschnürungen sind im 2. Jahre deutlich geworden. Der Reichtum an großen Kernen der Schwannschen Scheide mit körniger protoplasmatischer Umgebung hat abgenommen. An den ausgebildeten Fasern findet man nur mehr einen Kern zwischen zwei Ranvierschen Einschnürungen, der sich nicht mehr durch seine Größe auszeichnet. Die Länge des Kernes kann beim Erwachsenen die Breite der Faser um das 4—5fache übertreffen (Key und Retzius), beim Neugeborenen 10mal (A. Westphal). Variköse Fasern finden sich zu dieser Zeit nicht häufiger als beim Erwachsenen.

Die Breite der peripherischen Faser, die in der 6. Woche durchschnittlich ungefähr doppelt so groß (7.5 $\mu$) ist, wie beim Neugeborenen (3—4 $\mu$), erreicht im 2. und 3. Jahre durchschnittlich 10—12 $\mu$. Das Minimum der Faserdicke ist dem des Neugeborenen gleich geblieben (1,5—2 $\mu$). Die peripherische Nervenfaser nimmt von der Geburt bis zum erwachsenen Alter (16 $\mu$) sehr bedeutend an Breite zu.

Das Peri- und Endoneurium zeigt im 2. Jahre nicht mehr den Reichtum an Kernen.

Bezüglich der Rückenmarkswurzeln, die sich am frühesten entwickeln, verweise ich auf Seite 43.

## Muskelsystem.

Die jugendliche Muskelfaser unterscheidet sich nach A. Westphal von der erwachsenen durch seine rundliche, zum Teil kreisrunde Form. Während beim Neugeborenen fast alle Fasern rundlich erscheinen, findet man in der 3. Lebenswoche schon einen Teil der Fasern von polygonaler Gestalt. In den späteren Monaten schwindet die rundliche Form ganz und macht dem erwachsenen polygonalen Typus Platz, doch scheinen die in den Muskelknospen eingeschlossenen Fasern die rundliche Form zu bewahren.

Außerdem unterscheidet sich die jugendliche Muskelfaser durch die Größe, in der Häufigkeit der Muskelknospen, sowie in der Größe und in dem Reichtum der Kerne des Sarcolemms als des interstitiellen Gewebes.

Die breitesten jugendlichen Muskelfasern (1jähriges Kind) haben 28 $\mu$ (Westphal), die schmalste erwachsene Muskelfaser 30,6 $\mu$ (Schiefferdecker und Kossel) im Durchmesser. In früher postembryonaler Zeit ist die Durchschnittsdicke 5—10 $\mu$. Im jugendlichen Muskel werden oft Fasern von sehr verschiedenem Durchmesser, schmalste und breiteste, dicht nebeneinanderliegend getroffen, außerdem finden sich Muskelknospen in größerer Zahl vor.

Bei verschiedenen Individuen desselben Alters ist der Muskelfaserdurchmesser nicht immer der gleiche.

Die Länge der Muskelknospen bei jugendlichen Individuen beträgt ca. 40—70 $\mu$. Die Muskelfasern zeigen teils wandständige, teils zentrale Kerne. Im Inneren der Knospen findet man in Träubchen zusammenliegende Anhäufungen von Kernen.

Die Sarcolemmkerne sind zahlreich und groß, sie liegen in Reihen, Zeilen und Haufen dem Sarcolemm gewöhnlich dicht an. Mitunter finden sich zentral gelegene Kerne, besonders in den innerhalb der Muskelknospen befindlichen Fasern.

Das interstitielle Gewebe der jugendlichen Muskeln ist durch Kernreichtum ausgezeichnet.

## Gehirnnerven.

Bezüglich der kindlichen Gehirnnerven liegen Arbeiten mit verschiedenen Methoden von Flechsig, Bernheimer, A. Westphal, H. Ambronn und H. Held und Hösel vor, die annähernd zu denselben Resultaten kamen.

Die Gehirnnerven ausgetragener Neugeborener, mit Ausnahme des distalen Opticus, der stets grau aussieht, erscheinen mehr minder weiß und färben sich mit Osmium tiefschwarz, während bei Frühgeburten beträchtliche Farbenunterschiede vom glänzenden Weiß bis zum gallertigen Grau bei verschiedenen Nerven vorhanden sind.

Flechsig fand bei 28—30 cm langen Föten die Nervi oculomotorii, faciales und acustici deutlich durch ihren größeren Helligkeitsgrad von der Umgebung und von allen übrigen Hirn- und Rückenmarksnerven sich abheben. Bei 32 cm langen Früchten unterschieden sich außer diesen Nerven der Trochlearis, Abducens und Trigeminus, bei 35 cm langen fand er bereits an allen peripheren Nerven der Oblongata markhaltige Fasern. Den Nervus opticus fand Flechsig bei mehrtägigen Kindern gewöhnlich markweiß, bei Früchten noch grauweiß, doch waren bei einem 7 und 15 Tage alten Kinde weder der Tractus noch Nervus opticus markweiß.

Bechterew gab 1889 an, daß von den Hirnnerven neugeborener Welpen die Wurzel des Hypoglossus, Accessorius, Acusticus, Facialis, Abducens, Trigeminus, Trochlearis und Oculomotorius Markscheiden besitzen. Die Wurzelfasern des Olfactorius und Opticus und der Tractus opticus besitzen zu dieser Zeit keine Markscheiden; die des Glossopharyngeus bestehen fast ausschließlich und die des Vagus zum Teil aus marklosen Fasern. Neben anderen haben auch die Fasern des Vagus, welche zum sogenannten vorderen Kern (Nucleus ambiguus) und zur Rhaphe ziehen, beim neugeborenen Welpen vollständig ausgebildete Markscheiden.

Bernheimer untersuchte nach der Weigertschen Methode die Markscheidenbildung des Nervus opticus und fand in der 30. Embryonalwoche die ersten Anfänge der Markbildung. Der unentwickelte Nerv ist reich an Capillaren und freien Blutzellen. In der 32. und 33. Embryonalwoche enthielt der Tractus opticus zahlreichere markhaltige Fasern als das Chiasma, der Nervus opticus selbst war vor dem Foramen opticum noch völlig marklos. Bei einem gleichaltrigen Individuum, welches sieben Tage extrauterin gelebt hatte, war außer einem größeren Reichtum an markhaltigen Fasern im Tractus und Chiasma auch deutlich beginnende Markentwicklung im Opticus selbst, vom Chiasma nach der Orbita zu abnehmend, zu konstatieren.

Beim Neugeborenen fand Bernheimer im Tractus wie im Chiasma und Sehnerven zwar die größere Menge der Achsencylinder mit Mark versehen, aber eine nicht unansehnliche Menge zwischen diesen zerstreut, noch völlig marklos. Die gebildete Markscheide war noch dünn und zart, wie sie im Chiasma ausgewachsener Individuen nicht vorkommen. Die Markentwicklung war noch nicht peripher bis zur Lamina

cribrosa gediehen, wohl aber fanden sich die Ciliarnerven daselbst mit Mark umgeben.

Die Markbildung des Nervus opticus geht demnach von dem zentralen gegen das periphere Ende vor sich.

Dagegen fand Flechsig bei einem 7monatigen Fötus, welcher nur eine Stunde gelebt hat, im Nervus und Tractus opticus ein zentrales markhaltiges Bündel, welches in der Mitte zwischen Chiasma und äußerem Kniehöcker die Markscheiden verliert. In den äußeren Kniehöcker trat keine markhaltige Faser ein. Im Nervus opticus und im Tractus, nächst dem Chiasma, waren die Fasern dicker und zahlreicher, wie gegen das hintere Drittel des Tractus, wo sie allmählich feiner wurden, bevor sie das Mark verloren.

Nachdem im Sehnerven des Menschen mit aller Wahrscheinlichkeit ebenso wie beim Tiere (Probst) nur zentripetale Nervenfasern verlaufen, die in Ganglienzellen der Retina entspringen, so geht aus der Markscheidenbildung des Nervus opticus hervor, daß die Markscheidenbildung nicht in der Richtung der Funktionsleitung des Nerven vor sich geht, sondern gerade im entgegengesetzten Sinne.

An zwei- bis dreiwöchigen Kindern finden sich bereits alle Achsencylinder bis an ihr Ende mit Mark umgeben, aber die Markfasern erscheinen noch dünner und zarter als beim Erwachsenen.

Hösel fand bezüglich des intramedullären Verlaufes der Gehirnnerven im 4. Fötalmonat bereits vereinzelte Wurzelfasern des Hypoglossus etwas markhaltig, während die übrigen Hirnnerven in dieser Zeit keine Andeutung von Mark zeigten. Im 5. Fötalmonate konnte er schon geringe Markbildung im Nervus accessorius konstatieren, in den Fasern des Hypoglossus zum ventralen Abschnitt des Hypoglossuskernes, im Glossopharyngeus und Vagus, Fasern aus dem dorsalen Vaguskern und im Fasciculus solitarius, Wurzelfasern des Nervus vestibularis aus dem Deitersschen Kern, Wurzelfasern und Kniefasern des Facialis, Wurzelfasern des Abducens aus dem Kern, Fasern des Nervus trigeminus, des Nervus trochlearis und Wurzelfasern des Nervus oculomotorius aus dem hinteren lateralen und zentralen Kern.

Die meisten Gehirnnerven entwickeln also ihr erstes Mark im 5. Fötalmonat, nur der Hypoglossus weist einige Markfasern schon im 4. Fötalmonate auf.

Im 6. Fötalmonate fand Hösel die Weiterbildung des

Markes, indem Fasern des Hypoglossus zum dorsomedialen Abschnitt des Hypoglossuskernes und zur Rhaphe, ferner Fasern des Vagoglossopharyngeus aus dem Nucleus ambiguus markhaltig gefunden wurden. Ferner erschien um diese Zeit der erste markhaltige Bestandteil des Nervus cochlearis aus der medialen Hälfte des vorderen Acusticusnerves und der Kleinhirnwurzel des Nervus vestibularis und der absteigenden Trigeminuswurzel.

A. Westphal untersuchte hauptsächlich mit der Osmiummethode die Gehirnnerven an einem größeren Material von 8 Neugeborenen, 3 nach verschieden langer Lebensdauer zu Grunde gegangener Frühgeburten, von Kindern, welche 3, 6, 9 und 10 Wochen, $1^1/_4$ und 2 Jahre alt wurden. Den Nervus olfactorius schloß er von seinen Untersuchungen aus und er untersuchte den Nervus opticus resp. Chiasma und Tractus 16mal, den Nervus oculomotorius 14mal, den Nervus trochlearis 7mal, den Nervus trigeminus 15mal, den Nervus abducens 9mal, den Nervus facialis 12mal, den Nervus acusticus 9mal, den Nervus glossopharyngeus 5mal, den Nervus vagus 7mal, den Nervus accessorius 8mal, den Nervus hypoglossus 6mal.

Die Nerven wurden von Westphal an der Stelle ihres Verlaufes untersucht, wo sie an der Hirnbasis sichtbar werden, kurze Strecken nach ihrem Austritt aus dem Hirnstamm. *Am* Opticus wurden verschiedene Teile seines Verlaufes untersucht.

A. Westphal fand nun sehr wesentliche Unterschiede in der Markentwicklung der Gehirnnerven nach der Geburt, und zwar der motorischen Nerven einerseits, der sensiblen, sensorischen und gemischten Nerven andererseits. Die motorischen Hirnnerven sind bei der Geburt bereits markhaltig, und zwar der Oculomotorius, Trochlearis und Abducens, also die Augenmuskelnerven etwas stärker als die übrigen motorischen Hirnnerven, motorischer Trigeminus, Facialis, Accessorius und Hypoglossus. Ebenso fanden Held und Ambronn durch Untersuchung im polarisierten Lichte zwischen motorischen und sensiblen Hirnnerven ähnliche Unterschiede wie bei den vorderen und hinteren Rückenmarkswurzeln. Der Hypoglossus, Abducens, Facialis, motorische Trigeminus, Trochlearis, Oculomotorius erscheinen schon orangegelb und gelb, während mit Ausnahme des Vestibularis die sensiblen Hirnnerven fast marklos sind.

Im Gegensatze dazu sind die sensiblen resp. sensorischen Gehirnnerven beim Neugeborenen unentwickelt, sensibler Trigeminus, Glossopharyngeus, Vagus, Opticus. Diese Nerven zeigen in den einzelnen Bündeln in wechselnder Anzahl Fasern, die durch Osmium nicht schwarz gefärbt werden, sondern als grünliche oder graugelbe Konturen und als freie Achsencylinder erscheinen. Die vorhandenen schwarzen Markscheiden sind häufig zarter und schmäler und weniger intensiv dunkel gefärbt als die ausgebildeten Nervenfasern. Held und Ambronn fanden den Cochlearis rot, den sensiblen Trigeminus orangerot, den Tractus solitarius rot und im Nervus opticus zwischen violetten Zügen erst vereinzelte rote, während der Hypoglossus, Facialis, Abducens, motorische Trigeminus, Trochlearis, Oculomotorius bereits orangegelb sind.

Eine gesonderte Stellung unter den sensorischen Nerven nimmt der Nervus acusticus ein, indem derselbe beim Neugeborenen mit Markscheiden vollkommen versehen ist. Ebenso fanden Held und Ambronn, daß der Nervus vestibularis von allen marklosen sensiblen Gehirnnerven bereits orangegelb ist und gleiche Markreife mit den motorischen Nerven zeigt, wie es sich auch mittelst der Weigertschen Methode zeigt. Während der Nervus opticus noch völlig violett aussieht, erscheint der Nervus vestibularis bereits orangegelb. Mit Ausnahme des Acusticus lassen sich demnach beim Neugeborenen die sensible Fasern führenden Gehirnnerven von den rein motorischen durch den Grad der Markscheidenentwicklung unterscheiden. Diese gesetzmäßige Markentwicklung hat aber in einzelnen Fällen Ausnahmen, wo die sensiblen Gehirnnerven sich rascher mit Mark umkleiden, so fand Westphal bei einem Neugeborenen den sensiblen Trigeminus bereits markhaltig, die Markscheiden waren aber von geringerer Stärke als bei den motorischen Nerven.

Am weitesten zurück in der Markentwicklung sind die distalen Teile des Nervus opticus, dessen Bündel beim Neugeborenen im intraorbitalen Verlaufe völlig marklos erscheinen, während der Tractus opticus und das Chiasma in der Entwicklung weiter fortgeschritten sind. Ferner fand Westphal, daß die zentralen Teile des Faserquerschnittes des Opticus früher markhaltig werden als die peripherischen.

Weiter fortgeschritten als im Opticus sind die Markscheiden in der sensiblen Trigeminuswurzel, dem Glossopharyngeus und Vagus. Die Bündel des Vagus scheinen etwas mehr ent-

wickelt zu sein als die des Glossopharyngeus, was auf seinen größeren Gehalt an motorischen Fasern zurückgeführt werden kann.

Interessant ist der Befund Westphals bei einer Frühgeburt von 47 cm mit 13 Tagen extrauterinen Lebens, wobei der Nervus opticus in seinem ganzen Verlauf markhaltig erschien, und zwar waren die in den centralen Partien des orbitalen Opticusquerschnittes gelegenen Bündel markhaltig, während die peripherischen Bündel marklos gefunden wurden. Bei einer Frühgeburt von 8 Monaten (1 Tag extrauterines Leben) war der Opticus in der Orbita völlig marklos, bei einer zweiten Frühgeburt (7. Monat, extrauterines Leben 30 Tage) bis zum Foramen opticum markhaltig.

Das extrauterine Leben scheint durch den Funktionsreiz die Markbildung zu beschleunigen. So fand auch Flechsig die Markbildung im Nervus opticus bei einigen Tagen extrauterinen Lebens, bei 46 cm bei der Geburt messenden Kindern bedeutend fortgeschritten, gegenüber 54 cm messenden Totgeborenen. Dagegen fand Flechsig bei einem 35 cm langen, 7 Tage alten, einem 40 cm langen und 15 Tage alten und einem 44 cm langen, 10 Tage alten Kinde weder die Nervi noch Tractus optici markweiß. Der spezifische funktionelle Reiz für die Markbildung würde erst von einer gegebenen Entwicklungshöhe nach Flechsig eintreten.

Auch Bernheimer fand in der 32. und 33. Embryonalwoche den Nervus opticus im Foramen opticum noch völlig marklos, während er bei einem gleichaltrigen Individuum, welches 7 Tage extrauterin gelebt hatte, außer einem größeren Reichtum an Markfasern im Tractus und Chiasma, auch deutlich beginnende Markentwicklung im Opticus selbst, vom Chiasma nach der Orbita zu abnehmend konstatieren konnte.

Held hatte diese Frage zwischen Funktion und Markbildung experimentell zu lösen versucht, indem er Katzen, Hunde und Kaninchen, lauter blinde Neugeborene, folgendermaßen untersuchte. In ein Auge wurde durch Öffnen des Lides für verschieden lange Zeit Licht einfallen gelassen, während das andere Auge geschlossen blieb. Die unter denselben Bedingungen ausgeführte Untersuchung des Sehnerven beider Seiten ergab eine deutliche Markbildung auf der Seite des dem Lichte ausgesetzten Auges. Der durch die Öffnung des Lides hervorgebrachte Reiz war nicht die Ursache dieses Unterschiedes, denn bei einem im Dunkeln gehaltenen Tiere, bei

dem ein Auge geöffnet gehalten wurde, während das andere geschlossen blieb, ergab sich kein Unterschied in der Markentwicklung beider Seiten. Es kann also die Übertragung des Lichtreizes längs des Sehnerven den Prozeß der Markbildung angeregt haben.

Abschluß von der Funktion vermag aber die Markbildung nur zu verzögern, denn ein vollkommen im Dunkeln gehaltener Hund hatte am achten Tage orangefarbene Sehnervenfasern, ein Beweis, daß die Markbildung begonnen hatte.

Der eine Fall Westphals zeigt, daß eine ganz kurze extrauterine Zeit von einem Tage nicht genügt, um die Markbildung im Sehnerven bis zur Lamina cribrosa zu führen.

Held und Ambronn geben auf Grund ihrer Untersuchung im polarisierten Lichte an, daß, während der Nervus opticus fast noch violett beim $^1/_2$ Tag alten Kaninchen aussieht, mit Ausnahme vereinzelter roter Fasern, also zum größten Teile noch völlig marklose Achsencylinder enthält, ist der Nervus vestibularis bereits orangegelb; dieser ist also am markreifsten, der Opticus am wenigsten markhaltig von den sensiblen Nerven entwickelt.

Eine etwas höhere Entwicklungsstufe als der Sehnerv zeigt nach Ambronn und Held der Hörnerv, der schon hellrote Fasern führt, auf gleicher Entwicklungsstufe steht ungefähr der sensible Vagus-Glossopharyngeus (Tractus solitarius, rot bis hellrot). Die der Vestibularisstufe am meisten gleichkommende Markreife hat der sensible Nervus trigeminus, der orangerote Fasern zeigt.

Der Nervus opticus eines $1^1/_2$ Tage alten Kaninchens zeigte schon viele orangerote Züge von Nervenfasern zwischen anderen, die noch die Grundfarbe der Gipsplättchen, Purpur I, zeigen, gegenüber dem Sehnerv des $^1/_2$ Tag alten Kaninchens, wo nur vereinzelte rote Züge in sonstigen violetten (marklosen) nachzuweisen waren.

Der Nervus opticus eines 3 Tage alten Kaninchens zeigte mehr weniger auf der ganzen Fläche rote Färbung.

Der Sehnerv eines 10 Tage alten, also sehend gewordenen Kaninchens zeigte den Sehnerv in seiner ganzen Ausdehnung deutlich orangefarben. Auch die anderen im polarisierten Lichte untersuchten Nerven ließen eine weitere Markscheidenentwicklung erkennen.

Ambronn und Held haben noch jüngere Entwicklungsstadien von Nerven untersucht, um die Markreife der ver-

schiedenen motorischen Nerven untereinander vergleichen zu können, und so die Frage zu entscheiden, ob gleichmäßig alle motorischen Nerven den sensiblen in der Markentwicklung vorauseilen.

Bei einem 5monatigen menschlichen Fötus fanden sie die vorderen Rückenmarkswurzeln gelb (4. Stufe), die hinteren rot (9. Stufe), den Nervus hypoglossus orange (6. Stufe der Markbildung), den Nervus facialis gelb (4. Stufe), den Nervus abducens orange (6. Stufe), den motorischen Trigeminus orange (6. Stufe), den sensiblen blau (marklos), den Nervus oculomotorius orange (6. Stufe), den Sehnerv blau (marklos).

Wenn wir damit die nach der Weigertschen Methode erhaltenen Befunde Hösels vergleichen, so sehen wir im 5. Monate ähnliche Verhältnisse, doch gibt Hösel um diese Zeit bereits den ersten markhaltigen Anteil der aufsteigenden Quintuswurzel an.

Unter den motorischen Nerven des 5monatigen Fötus gaben Held und Ambronn an, daß der Facialis markhaltiger als die Augenmuskelnerven und der Hypoglossus erschien. Hösel wies die ersten markhaltigen Fasern in den Wurzelfasern des Hypoglossus (4. Fötalmonat) nach, und erst im 5. Fötalmonat an den übrigen Gehirnnerven.

Es erhalten nach Held und Ambronn die motorischen Nerven nicht nur früher eine gewisse Markreife wie sensible, sondern innerhalb der motorischen Gruppe selber besteht noch ein Voraneilen gewisser Untergruppen.

In der 3. Lebenswoche ist der Opticus auch in seinen distalen Teilen bis zum Foramen opticum markhaltig, der sensible Trigeminus zeigt zahlreichere markhaltige Fasern als beim Neugeborenen. Die hellen Lücken, in denen unentwickelte Fasern zusammenliegen, sind kleiner und weniger zahlreich geworden. Zwischen den Fasern mit durch Osmium geschwärzten Markscheiden finden sich hier besonders reichlich im ganzen grünlich gefärbte Faserquerschnitte, freie oder nackte Achsencylinder (A. Westphal).

In der 6. Woche nehmen die unentwickelten Fasern der sensiblen Trigeminuswurzel an Zahl noch mehr ab. Der weitaus größte Teil der Fasern ist nunmehr mit dunklen Markscheiden bekleidet. Die vereinzelt zwischen den markhaltigen Fasern über dem Querschnitt zerstreut liegenden unentwickelten Fasern geben aber noch zu dieser Zeit den Bündeln der sensiblen Trigeminuswurzel ein charakteristisch gefleckte Aus-

sehen, so daß dieselben schon bei schwacher Vergrößerung von dem völlig entwickelten motorischen Bündel zu unterscheiden sind.

In der 9. Woche ist dieser Unterschied nicht mehr vorhanden, und beide Trigeminuswurzeln sind jetzt ausschließlich aus markhaltigen Fasern zusammengesetzt.

In der 10. Woche fand Westphal am Nervus glossopharyngeus und vagus vollendete Markentwicklung, während der sensible Trigeminus bei dem betreffenden Individuum als nicht völlig entwickelt bezeichnet werden muß.

Im Alter von $1^1/_4$ und 2 Jahren können in keinem Nerven mehr unentwickelte Fasern nachgewiesen werden. Die schon bei der Geburt markhaltigen motorischen Gehirnnerven erfahren eine Weiterentwicklung in der Folgezeit insofern, als die einzelnen Markscheiden stärker werden und konzentrische Schichtung des Markes erkennen lassen.

Wie beim Erwachsenen die motorischen Nerven aus ziemlich gleich breiten Fasern mittleren Kalibers und die sensiblen und sensorischen Nervenfasern außerordentlich verschiedenen Kalibers vorherrschen, so finden wir es bei den Nerven der Neugeborenen ganz besonders prägnant hervortreten.

Bezüglich der Faserbreite sind die Minima nach Westphal (ca. 1—2 $\mu$) und die Maxima (ca. 10 $\mu$) bei motorischen, sensiblen und sensorischen Nerven Neugeborener dieselben; während aber die breitesten und feinsten Fasern bei den motorischen Nerven in spärlicher Anzahl vorkommen, durchschnittlich mittelbreite Fasern von etwa 4—6 $\mu$ vorhanden sind, finden sich breiteste Fasern von 10 $\mu$ und feinste Fasern von 1—2 $\mu$ im bunten Wechsel mit Fasern von mittlerer Breite untermischt in den sensiblen und sensorischen Nerven, oder es sind die Bündel derselben, wie z. B. durchgehends beim Opticus, aus überwiegend sehr feinen Fasern von 1—3 $\mu$ zusammengesetzt. Die Maxima der Faserbreite des Acusticus sind erheblicher als die der übrigen Gehirnnerven und betragen 12 $\mu$ und darüber.

In der Weiterentwicklung wird die durchschnittliche Faserbreite der motorischen Hirnnerven bald in einigen Wochen eine erheblichere, während die Maxima der Faserbreite erst nach dem ersten Lebensjahre beträchtlicher wird. Erhebliche Unterschiede in der Faserbreite treten zwischen den Gehirnnerven des kindlichen und des erwachsenen Individuums auf.

Während die Faserminima (1—2 $\mu$) die gleichen bleiben, aber feinste Fasern seltener auftreten als beim Neugeborenen, betragen die Maxima der Faserbreite das Doppelte und mehr (20—24 $\mu$) der Durchmesser in frühen postembryonalen Stadien. Bei den motorischen Hirnnerven ist der durchschnittliche Durchmesser der Fasern (16—20 $\mu$) etwa 4—5mal größer als das beim Neugeborenen bestimmte durchschnittliche Maß.

Der Opticus nimmt eine Sonderstellung insofern ein, als die sehr feinen Fasern, aus denen er im unentwickelten Zustande fast ausschließlich besteht, in den späteren Entwicklungsstadien nur wenig breiter werden, so daß auch der erwachsene Sehnerv die bei dem anderen Gehirnnerven gefundenen Fasermaxima vermissen läßt.

Schiller fand bei Untersuchungen des Nervus oculomotorius von neugeborenen und ausgewachsenen Katzen, daß die Zahl der Nervenfasern während des Lebens nicht oder kaum zunimmt.

Das Kaliber der Opticusfasern nimmt nach Westphal vom Chiasma nach der Peripherie zu angeblich ab.

Die Markbildung des Opticus geht von dem Zentrum gegen die Peripherie zu, sowohl bezüglich des Faserquerschnittes als bezüglich des Längsverlaufes des Opticus.

Die Befunde Hösels und Westphals zusammengehalten, sieht man, daß der peripherische Nervus oculomotorius nicht entwickelt ist bei vollendeter Markscheidenbildung des an der Basis austretenden Nerven. Ebenso ist der Nervus facialis beim Neugeborenen an der Basis ein gut ausgebildeter Nerv, während er nach Austritt aus dem Foramen stylomastoideum das Bild eines unentwickelten Nerven darbietet (Westphal). Held fand im polarisierten Lichte den Trapezkörper und die laterale Schleife zum großen Teil schon als orangerote bis orangefarbene Bahnen, während der Nervus cochlearis noch rot (weniger markhaltig) resp. hellrot aussieht.

Westphal fand im Opticus in einer gewissen Entwicklungsperiode (Neugeborener) zwei Faserarten, die sich durch Kaliber und durch die Zeit der Markscheidenbildung unterscheiden. Daß diese Fasern Pupillarfasern (Massaut) sind, halte ich nicht für wahrscheinlich.

Westphal konnte nach diesen Befunden einen weitgehenden Unterschied bezüglich der Weiterentwicklung der Gehirnnerven und der Spinalnerven konstruieren. Die Spinalnerven erreichen das Stadium der Markreife ganz langsam und all-

mählich und stehen im 2. und 3. Lebensjahre dem ausgebildeten Zustande des erwachsenen Nerven sehr nahe, haben ihn aber noch nicht in allen Fällen erreicht.

Die Gehirnnerven hingegen haben in den von Westphal untersuchten Fällen ihre Entwicklung fast gänzlich in der 9. bis 10. Woche nach der Geburt abgeschlossen und sind den Spinalnerven dieser Zeit weit voraus.

Die unentwickelten Fasern der Gehirnnerven zeigen dieselben charakteristischen Eigenschaften wie die peripherischen spinalen, jugendlichen Fasern (Verhalten gegen Osmium, Fehlen der konzentrischen Schichtung des Markes, Fehlen der Einschnürungen, Vorkommen von freien Achsencylindern)

Die Kerne der Schwannschen Scheide sind bei den Gehirnnerven kleiner, weniger zahlreich und weisen keine stärkere protoplasmatische Umgebung auf.

Das Peri- und Endoneurium ist bei den spinalen wie cerebralen, sich entwickelnden Nerven stark kernhaltig, das Endoneurium beim Opticus besonders gefäßreich.

Der variköse Bau ist an den Fasern der Gehirnnerven ausgesprochener als bei den peripheren spinalen Nerven. Besonders ist der Acusticus durch seinen varikösen Bau ausgezeichnet.

Unterschiede in der Markentwicklung, wie sie zwischen motorischen und sensiblen Gehirnnerven bei der Geburt bestehen, lassen sich in den gemischten Nerven des peripherischen Nervensystems nicht konstatieren.

Die Markbildung der Gehirnnerven geschieht sowohl bei den motorischen als sensiblen und sensorischen Hirnnerven vom Zentrum gegen die Peripherie, also nicht in der Leitungsrichtung des Nerven. Diese Markbildung steht im Gegensatze zu den Anschauungen von Flechsig über die Reifung des Großhirnmarkes. Während die motorischen Hirnnerven früher markreif werden als die sensiblen (mit Ausnahme des Acusticus), werden nach Flechsig in der Fühlsphäre, in der hinteren Zentralwindung zuerst die sensiblen Bahnen markreif und erst später entwickeln sich die absteigenden motorischen Rindenbahnen zu markhaltigen Leitungen.

Der Tractus olfactorius bildet als letzter sein Mark. Die Entwicklung des Tractus olfactorius ist etwas anders gestaltet. Bei 32 bis 34 cm langen Föten erhielt Flechsig den Eindruck, daß viel mehr Fasern (nackte Achsencylinder) angelegt werden, als schließlich Mark erhalten. Es geht etwa im

7. Monat eine Rückbildung vor sich. Bei einem 43 cm langen Fötus fand Flechsig nur noch ein zentrales Bündel marklos, den Rest markhaltig.

Bei einem 34 cm langen Fötus fand Flechsig in einem Falle den Tractus olfactorius zum kleinen Teil markhaltig, und einzelne markhaltige Fasern treten in die Rinde des Uncus und in die Lamina perforata anterior, dicht am Beginn der Fossa Sylvii ein.

## Rückenmark.

Flechsig hat zuerst in genauer Weise die Einteilung der weißen Masse im Rückenmarke nach der Markscheidenbildung vorgenommen. Flechsig fand bis in die Mitte des 5. Fötalmonates im Rückenmarke nur graue Substanz vor, erst nach dieser Zeit erscheint weißes Mark, welches sich um die Achsencylinder bildet. Flechsig fand 1876, daß Embryonen von selbem Alter gewisse Nervenbündel zur selben Zeit markhaltig zeigen, während zu verschiedener Fötalzeit die Markbildung verschiedenartig entwickelt war. Flechsig schloß daraus, daß verschiedene Nervenbündel zu verschiedener Zeit nach einer bestimmten Ordnung ihr Mark erhalten, so daß man bei Kenntnis des fötalen Alters annähernd sagen kann, welche Bündel bereits markhaltig sind, und welche nicht.

Alle Nervenfasern, welche denselben Ursprung und dasselbe Ende haben, und welche demnach derselben Funktion dienen, erhalten zur selben Zeit ihre Markscheide, während die Nervenbündel, welche verschiedene anatomische Verbindungen haben, zu verschiedener Zeit ihr Mark erhalten. Dieser verschiedenzeitigen Markbildung legte Flechsig eine große Bedeutung bei und schloß, daß die Nervenbündel, welche zu verschiedenen Zeiten ihr Mark erhalten, auch in physiologischer Hinsicht verschieden sind. Jedes dieser Bündel betrachtete er als ein System. Danach unterschied Flechsig im Vorderstrang des Rückenmarkes den Pyramiden-Vorderstrang und die Vorderstrang-Grundbündel, im Seitenstrang die direkte Kleinhirn-Seitenstrangbahn und die Seitenstrangreste, welch letztere er in die seitliche Grenzschicht der grauen Substanz und eine vordere gemischte Seitenstrangzone unterschied. Im Hinterstrang unterschied er den Gollschen und Burdachschen Strang.

Bei Embryonen von 25 cm fand er markhaltig die Kommissuren- und Wurzelfasern der peripheren Nerven, die Vorderstrang-Grundbündel, die Burdachschen Stränge und die vordere gemischte Seitenstrangzone. Die Gollschen Stränge erhalten ihr Mark bei Embryonen von 28—30 cm Länge.

Bei 32 cm langen Embryonen entwickelt sich das Mark in der seitlichen Grenzschicht der grauen Substanz. Bei etwas älteren Embryonen wird dann die Kleinhirn-Seitenstrangbahn und hernach das Gowerssche Bündel markhaltig. Bei Embryonen von 49—52 cm Länge, das ist also zur Zeit der Geburt oder etwas später, erscheint das Mark in den Pyramidenbahnen.

Nach Bechterew entwickelt sich zuerst der dem Vorderhorne angrenzende Teil des Grundbündels, sodann die vordere Zone des Burdachschen und die mittlere des Gollschen Stranges; es folgen dann auf der Stufenleiter der Entwicklung der Rest des Grundbündels, die Kleinhirn-Seitenstrangbahn, die mittlere und sofort auch die hintere Zone des Burdachschen oder Keilstranges; darauf entwickelt sich im Seitenstrange das mediale Bündel, und nach einiger Zeit das Gowerssche Bündel, im Hinterstrange der Rest der Gollschen Bündel und die Randzone.

Bezüglich der Markentwicklung der Pyramidenbahn fand Bechterew bei Tieren, welche gleich nach der Geburt laufen können, daß das Mark der Pyramiden bei der Geburt bereits entwickelt ist.

Nach den Untersuchungen von Flechsig erscheint das Markweiß zuerst nur im Rückenmark, dann im verlängerten Mark, später zeigt es sich in der Brücke, dem Kleinhirn und der Haubengegend, zuletzt in den Großhirnschenkeln und in den Großhirnhemisphären.

Zur Zeit der Geburt ist das Rückenmark völlig entwickelt, mit Ausnahme der Pyramidenstränge, während das Endhirn, mit Ausnahme der inneren Kapsel, der Marklamellen des Linsenkernes und der äußeren Kapsel noch grau erscheint.

Vom ganzen zentralen Nervensystem erhält das Rückenmark zuerst seine definitive anatomische Vollendung, und hier gehen auch vermutlich die ersten physiologischen Leistungen vor sich in Form von ausgelösten automatischen oder Reflexbewegungen des intrauterinen Lebens.

Von allen Fasern des Rückenmarkes umhüllen sich die peripheren Nerven zuerst mit Mark. Sie treten auch zuerst in Funktion, sie übermitteln dem Rückenmark periphere Reize,

die nicht zum Endhirn gelangen können, da der ganze obere Teil der cerebrospinalen Achse nicht markreif ist. Sie werden in eine motorische Vorderhornzelle geleitet, und von da zum Muskel. Die ersten Reflexbewegungen sind sehr einfach. Das Mark in den peripheren Nervenfasern erscheint bei Embryonen von 20—25 cm Länge, also in der ersten Hälfte des 5. Fötalmonates, wo bekanntlich die ersten Kindesbewegungen auftreten.

Nach den zuerst markreifen Wurzelfasern erhalten die kurzen Fasern des Rückenmarkes, vorderes Grundbündel und ein Teil des seitlichen Grundbündels und der Burdachsche Strang ihr Mark. Die durch die hinteren Wurzeln dem Rückenmark zugeführten Reize können dann durch die kurzen Kommissurenfasern, die nun ihr Mark erhalten haben, auf größere Teile des Rückenmarkes übertragen werden und eine größere Zahl von motorischen Zellen erregen und kompliziertere Reflexbewegungen erzeugen.

Später werden die Gollschen Stränge markhaltig, und die peripheren Reize können nun der ganzen Länge des Rückenmarkes übergeben werden. Bei Embryonen von 26—30 cm Länge sind die Reflexbewegungen noch komplizierter. Durch das folgende Markhaltigwerden des inneren Teiles des Seitenstrangrestes, der Kleinhirn-Seitenstrangbahn und des Gowersschen Bündels können nun schon periphere Eindrücke dem Kleinhirn übergeben werden.

Im 8. Fötalmonat wird nun die mediale Schleife markhaltig, welche ihre Reize dem Sehhügel zu senden vermögen, wodurch die Reflexbewegungen noch mehr ausgebildet erscheinen.

Zum Schlusse erhalten die Pyramidenbahnen, die direkte motorische Rindenbahn, ihr Mark.

Die Pyramidenbahn wird zuerst im Centrum semiovale etwa mit 9 Monaten nach den sensiblen Bahnen der Zentralwindungen im Großhirn markhaltig, und während der Entwicklungsperiode schreitet die Markbildung im Laufe mehrerer Wochen gegen das Lendenmark vor.

Die Pyramidenbahnen sind zur Zeit der Geburt bei verschiedenen Individuen sehr ungleich entwickelt; mitunter entbehren sie dann noch fast vollständig des Markes. In pathologischen Fällen kann diese Markbildung der Pyramidenbahnen auch ausbleiben (Agenesie der Pyramidenbahnen).

Van Gehuchten meint, daß auch der Achsencylinder der

Pyramidenbahnen im Rückenmarke zu Beginn des 8. Fötalmonates noch nicht vorhanden ist.

Über die Markscheidenentwicklung der motorischen und sensiblen Rückenmarkswurzeln beim Neugeborenen erfahren wir aus den Untersuchungen Siemerlings, daß im Hals- und Lendenteil des Neugeborenen die vorderen Wurzeln alle Fasern fast ohne Ausnahme einen Markring und verhältnismäßig große Achsencylinder haben. Das Mark zeigt bereits konzentrische Schichtung. An Präparaten, welche nach der Weigertschen Methode behandelt sind, tritt in der Mehrzahl der Fasern das Mark schwarz gefärbt hervor, nur in wenigen ist der Inhalt der Fasern gleichmäßig braun geblieben. Die Anzahl der Kerne ist eine geringe.

In den hinteren Hals- und Lendenwurzeln ist das Mark noch nicht in allen Fasern ausgebildet, der Reichtum an Kernen ist nicht bedeutend.

Etwas weiter in der Entwicklung zurück sind die vorderen und hinteren Dorsalwurzeln.

Alle Fasern haben einen ziemlich gleichen Breitendurchmesser, eine Differenzierung zwischen breiten und feinen Fasern, wie sie beim Erwachsenen ausgeprägt sind, läßt sich nicht konstatieren. Zwischen teilweise entwickelten Nervenfasern sieht man Lücken, in denen keine gesonderte Markscheide und kein Achsencylinder vorhanden ist.

Siemerling beschreibt die Breite der Fasern der vorderen Rückenmarkswurzeln des Hals- und Lendenteiles einer Frucht von 5 Monaten als ziemlich gleichmäßig 4,6 $\mu$, diejenigen eines 7monatigen Fötus von regelmäßiger Breite 4,6—5,3 $\mu$. Bei einem Neugeborenen hat der Faserdurchmesser erheblich zugenommen und beträgt 9,3—13 $\mu$.

Ambronn und Held fanden mittelst polarisierten Lichtes, daß die motorischen vorderen Rückenmarkswurzeln beim $^1/_2$ Tag alten Kaninchen gelb erscheinen, während die hinteren sensiblen Wurzeln durchweg noch rot, nur zum Teil schon orangegelb erscheinen, daß also die vorderen Rückenmarkswurzeln stärker markhaltig sind als die hinteren. Dieser durchgreifende Unterschied zeigte sich auf allen Querschnitten des Rückenmarkes.

Gleiche Differenzen bestehen zwischen den gelben Vordersträngen und den roten bis orangeroten Hintersträngen. In Übereinstimmung mit den gelb erscheinenden Wurzelfasern im Vorderhorn des Rückenmarkes zeigen auch die Nerven-

fasern der vorderen Rückenmarkskommissur bereits orangegelb bis gelb erscheinende Markscheiden.

Beim 5monatigen menschlichen Fötus fanden Ambronn und Held die vorderen Rückenmarkswurzeln gelb (Markgehalt 4. Grades), die hinteren rot (9. Grad, geringer Markgehalt).

Die Fasern der hinteren Kommissur entstammen sehr späten Entwicklungsperioden; sie enthält noch zu einer Zeit, wo die hinteren Wurzeln in den Hintersträngen bereits vollständig weiß erscheinen, fast gar keine markhaltigen Fasern und erst von dem Zeitpunkte, wo die äußeren Wurzelfasern mit ihren Ästen markhaltig werden, beginnen in derselben zarte Markfäserchen aufzutreten, welche sich nach der Silbermethode als Kollateralen der hinteren Wurzeln und von Strangfasern darstellen.

Im Burdachschen Strange kann man entwicklungsgeschichtlich zwei besondere Teile unterscheiden, einen ventrolateralen und einen peripheren oder dorsalen (Bechterew); später hat Flechsig noch eine mittlere Zone nachgewiesen. Der ventro-laterale Teil wird vor allen anderen Teilen der Hinterstränge markhaltig, der dorsale Teil nicht vor dem 6. bis 7. Fötalmonat.

Wie die Fasern der Burdachschen Stränge, so entstammen auch die Gollschen Stränge verschiedenen Entwicklungsperioden. Am frühesten noch vor dem 6. Fötalmonate entwickelt sich hier eine kleine Anzahl von Fasern, welche zum größten Teile dem dorsalen Septum benachbart sind, und die sogenannte mediane Zone der Gollschen Stränge. Im Halsmarke wird das Querschnittsfeld breiter, insbesondere in der Gegend des vorderen und mittleren Drittels des Septum posticum, und erscheint in Gestalt eines schmalen Keiles, welcher seine Spitze dem Septum zuwendet. Aber auch in den tieferen Abschnitten des Markes lagern diese Fasern nicht gleichmäßig neben dem gesamten Septum, sondern häufen sich mehr an dessen vorderen zwei Dritteln. Außerdem sind frühzeitig entwickelte Fasern hier und da auch in den übrigen Teilen des Gollschen Stranges anzutreffen.

Die Hauptmasse der Gollschen Stränge entwickelt sich viel später, so jedoch, daß in derselben nach Maßgabe der Entwicklung zwei miteinander sich mischende Systeme zu unterscheiden sind.

Die ältesten Fasern der Grundbündel ummarken sich etwa im 5. Fötalmonat, zu einer Zeit, wo die vorderen Wurzeln

noch nicht überall markhaltig erscheinen und finden sich vorwiegend in der nächsten Umgebung des Vorderhornes. Nach einiger Zeit, während welcher die vorderen Wurzeln ihre Markscheidenbildung abschließen, erweist sich das Grundbündel wesentlich reicher an markhaltigen Fasern, aber noch zu dieser Zeit enthält es, insbesondere in seinen lateralen Teilen, eine Anzahl zerstreuter markloser Elemente, welche später markhaltig werden.

Die Faserzüge der Peripherie des Vorderstranges und der vorderen Seitenstranggegend entwickeln sich etwas früher als die nachbarlichen Teile der weißen Substanz.

Etwas später als die Grundbündel entwickelt sich die Kleinhirn-Seitenstrangbahn, welche sich in Form eines schmalen Saumes längs dem Rande der hinteren Seitenstranghälfte hinzieht. Hernach entwickelt sich das Gowerssche Bündel.

Hösel fand bei einem Embryo aus dem Beginne des 5. Monates an Querschnitten durch das obere Halsmark die Pyramiden-, Vorder- und Seitenstränge, das Gowersche Bündel und die seitliche Grenzschicht, den medianen Teil der medialen Wurzelzone, die laterale Wurzelzone und die hintere Kommissur marklos. Ebenso waren auch keine markhaltigen Fasern in der grauen Substanz des Hinterhornes zu sehen. Markhaltig waren die Grundbündel der Vorderstränge und die der Seitenstränge, die ersteren mehr als die letzteren. Die Kleinhirn-Seitenstrangbahn zeigte den geringsten Markgehalt, ein Teil ist markhaltig, ein großer Teil des Bündels aber noch nicht.

Die vordere Wurzelzone der Hinterstränge zeigt beträchtlichen Myelingehalt, wie die Grundbündel der Vorderstränge, etwas weniger ist das erste und zweite System der mittleren Wurzelzone markhaltig, etwa dem Farbentone der Grundbündel der Seitenstränge entsprechend. Der laterale Teil der medialen Wurzelzone ist etwa so stark wie die Kleinhirn-Seitenstrangbahn markhaltig.

Während in der grauen Substanz des Hinterhornes keine markhaltigen Fasern zu konstatieren sind, splittern sich in der grauen Substanz des Vorderhornes vereinzelte Wurzelfasern in der Gegend der medialen Kerngruppe und zum Teil der vorderen Kerngruppe auf.

Ein Teil der Wurzelfasern des Nervus accessorius ist ebenfalls im 5. Fötalmonat markhaltig.

Im 6. Fötalmonat treten noch vordere Wurzelfasern aus der seitlichen vorderen und hinteren Kerngruppe des Vorderhornes auf. In den hinteren Wurzeln findet man im 6. Monat Fasern zu den Clarkeschen Säulen und zu den Vorderhörnern.

Am Ende des 7. Fötalmonates fand ich*) die vorderen und hinteren Rückenmarkswurzeln stark markhaltig. Es sind bereits die Kleinhirn-Seitenstrangbahn und das Gowerssche Bündel markhaltig, nur die Pyramidenbahnen sind marklos. Im Hinterstrang erscheinen die Gollschen Stränge blässer als die Burdachschen, und im Burdachschen Strang erscheint wieder die dorsale Partie etwas blässer mit Hämatoxylin gefärbt. Die vordere Kommissur ist markhaltig, die hintere nicht. Im Vorder- und Hinterhorn sind die markhaltigen Wurzeleintritte zu sehen.

Später als alle anderen Bestandteile der Vorderseitenstränge und der weißen Substanz überhaupt erhalten die Pyramidenbahnen ihre Markscheide. Im Areal der Pyramidenseitenstrangbahn konnte Bechterew zerstreute Fasern finden, welche einer etwas früheren Entwicklungsstufe entstammen.

Ambronn und Held fanden beim $^1/_2$ Tag alten Kaninchen mittelst der Polarisationsmethode an Querschnitten im Lumbalmark und angrenzenden Dorsalmark, die vorderen Wurzeln hellgelb (manche Fasern gelb), die hinteren Wurzeln rot bis orangerot (manche Fasern orangerot), den Vorderstrang hellgelb (manche Fasern gelb), den Hinterstrang rot (zum Teil orangerot). Im Cervicalmark und angrenzenden Dorsalmark fanden sie an Querschnitten die vorderen Wurzeln gelblichweiß (manche Fasern hellgelb), die hinteren Wurzeln orangerot (manche Einzelfasern hellrot), den Vorderstrang gelb, den Hinterstrang hellrot, die vordere Kommissur orangegelb (manche Einzelfasern orange). An Längsschnitten fanden sie den Vorderstrang gelb (Einzelfasern gelb), den Hinterstrang leuchtend hellrot (Einzelfasern orangerot). Beim 5monatigen menschlichen Fötus waren die vorderen Rückenmarkswurzeln gelb, die hinteren rot.

Es stimmt demnach der Befund mittelst der Polarisationsmethode im wesentlichen mit den Ergebnissen der übrigen Methoden überein.

*) Noch nicht publiziert.

## Gehirnstamm.

Bei Embryonen im 3. Fötalmonate können markhaltige Fasern weder im Gehirn noch im Hirnstamm nachgewiesen werden. Hösel hat eine Anzahl Gehirne vom 3. Fötalmonate bis Ende des intrauterinen Lebens bezüglich ihrer Markreife untersucht und die Ergebnisse aus dem 4., 5. und 6. Fötalmonate mitgeteilt.

Beim Embryo aus dem 4. Schwangerschaftsmonate fand Hösel alle Nervenfasern des Gehirnstammes marklos, mit alleiniger Ausnahme von Fasern in der Substantia reticularis alba, die zwischen Raphe und Hypoglossuswurzeln im Gebiete der hinteren Längsbündel liegen und ins dorsale Gebiet der raphealen Vorderseitenstrangreste hineinreichen. Sie liegen zerstreut, sind nach Weigert dunkelblau gefärbt. Sie lassen sich nicht über Schnitthöhen hinaus verfolgen, die im proximalen Drittel der großen Oliven liegen. Auch nehmen sie nicht plötzlich ab, sondern erschöpfen sich im eigenen Gebiete allmählich. Sie stellen etwa $^1/_{10}$ des Fasergehaltes der hinteren Längsbündel dar.

Außer diesen Fasern zeigt nur der Nervus hypoglossus die ersten Anfänge der Markentwicklung, aber nur in einzelnen Fasern, die den hellen, milchblauen Farbenton erkennen lassen. Alle anderen Fasern, auch die der übrigen Gehirnnerven sind noch marklos.

Ambronn und Held fanden mittelst der Polarisationsmethode beim 5monatigen menschlichen Embryo im Nervus hypoglossus viele Fasern orange, den Facialis gelb, im Abducens viele Fasern orange, im motorischen Trigeminus viele orangerote Fasern, im sensiblen Trigeminus blaue und im Nervus oculomotorius viele Fasern orange, den Nervus opticus blau.

Ebenso wies auch Hösel mit der Weigertschen Methode nach, daß im 5. Fötalmonate der intramedulläre Teil der motorischen Hirnnerven bereits markhaltig wird. Er fand markhaltige Fasern im Nervus hypoglossus, accessorius, glossopharyngeus-vagus, acusticus, facialis, abducens, trigeminus, trochlearis und oculomotorius.

Auf Schnitten durch die obere Pyramidenkreuzung des 5monatigen Embryo fand Hösel, daß die marklosen Fasern des Gollschen Stranges (dorsale Wurzelzone) den größten Teil des Gebietes um den Gollschen Kern einnehmen. Die mark-

haltigen Fasern des Gollschen Stranges, das erste System der mittleren Wurzelzone, das neben der Mitte des hinteren Septums liegt, haben hier die Formation eines Dreieckes angenommen und liegen am Fissurenteil des Stranges. Die Spitze des rechtwinkligen Dreieckes liegt dorsalwärts an der Fissura posterior, die Basis ventral auf der grauen Substanz des zentralen Höhlengraues auf. In je höhere Gebiete man gelangt, desto spärlicher werden diese Fasern, und in der oberen Hälfte des Gollschen Kernes sind keine mehr vorhanden.

Die markhaltigen Fasern des Burdachschen Stranges liegen um die mediale Abteilung des Burdachschen Kernes und sind die markhaltigen Fasern aus der ventralen oder vorderen und mittleren Wurzelzone und der laterale Teil der dorsalen Wurzelzone. Die direkt dem Burdachschen Kern anliegenden Fasern sind stärker gefärbt. In den höher gelegenen Schnitten wird auch der Burdachsche Strang immer schmäler. Im Inneren des Burdachschen Kernes sieht man zahlreiche Auflösung von markhaltigen Fasern.

Die Fibrae arcuatae posteriores externae sind nicht markhaltig.

An der Randpartie des Hinterhornes tauchen vereinzelte, markhaltige Faserquerschnitte auf, die den Beginn der spinalen Trigeminuswurzel darstellen, sie erscheinen an den nächsten Schnitten milchblau gefärbt.

In der Substantia gelatinosa des Hinterhornes sieht man vereinzelte, markhaltige Fäserchen.

Die Kleinhirn-Seitenstrangbahn zeigt einen Teil ihrer Fasern markhaltig, einen großen Teil aber marklos.

Die Grundbündel des Vorderstranges zeigen den relativ stärksten Markgehalt, die markhaltigen Grundbündel der Seitenstränge lockern sich immer mehr und umgeben schließlich die mediale, dorsale und laterale Seite der unteren Olive.

Die Schleifenkreuzung aus dem Burdachschen Kerne ist schon markhaltig, aber etwas heller als das hintere Längsbündel, also nur dunkelblau, ihre Zahl ist eine noch geringe, ein großer Teil ist noch nicht markhaltig. Sie bilden nach der Kreuzung einen Teil der Querschnitte der Olivenzwischenschicht und enden zum großen Teile bald.

Außer der Schleifenkreuzung treten andere innere Bogenfasern auf, die hier nicht zur Raphe treten.

Die Pyramiden, die Fibrae peripyramidales und die accessorischen Pyramidenbündel sind marklos.

Der Nervus hypoglossus zeigt dunkelblaue, markhaltige Fasern.

In Schnitten durch die Gegend der unteren Oliven ist der Gollsche Strang bereits marklos, die markhaltigen Fasern des Burdachschen Stranges umlagern die mediale und laterale Abteilung des Burdachschen Kernes, in beiden erschöpfen sich diese Fasern. Je höher man kommt, um so faserämer wird das ganze Gebiet.

Das zentrale Höhlengrau und die Substantia reticularis grisea ist nun frei von Bogenfasern, die erst in der Facialis- und Acusticusgegend wieder beginnen.

Das hintere Längsbündel ist am kräftigsten gefärbt und zeigt an tieferen Schnitten noch die annähernd gleiche Faserdichte wie im Rückenmark, in höheren Schnitten nimmt es aber an Fasern ab und lockert sich im Acusticuskerngebiet. Ebenso lichtet sich der rapheale Teil des Seitenstrang-Grundbündels.

Die Olivenzwischenschicht wird in der Höhe der größten Ausdehnung der unteren Oliven marklos.

Die an der lateralen Seite der Oliven liegenden Markfasern (nicht raphealer Teil) der Seitenstrang-Grundbündel schwinden beim Seitenstrangkern völlig, die der medialdorsalen Partie der Olive aufliegenden Fasern (dorsoolivarer Teil) treten dorsal in die Substantia reticularis grisea und breiten sich lateral von der Hypoglossuswurzel aus und sollen bis zum Nucleus reticularis tegmenti gehen. Die dorsal mitten der Olive anliegenden Markfasern des nicht raphealen Teiles der Seitenstrang-Grundbündel (medioolivarer Teil) lassen sich bis ins Wurzelgebiet des Facialis verfolgen und gehen zum Deitersschen Kern.

Die Oliven sind völlig marklos, ebenso der Pedunculus olivaris, das Stratum zonale Olivae und die Fibrae arcuatae periolivares, die Fibrae retro-, prae- und intratrigeminales, die Fibrae arcuatae externae anteriores.

Die spinale Trigeminuswurzel zeigt sich zum Teil markhaltig.

Der äußere Strickkörper zeigt die zum Teil markhaltigen Fasern der Kleinhirn-Seitenstrangbahn. Der innere Strickkörper zeigt marklose Fasern.

Markhaltig sind der Nervus hypoglossus, der Fasciculus solitarius und seine Endigungsfasern im sensiblen Vago-Glossopharyngeuskern.

Die Fasern der motorischen Vago-Glossopharyngeus-Wurzel aus dem Nucleus ambiguus sind noch marklos.

Der Nervus cochlearis ist noch marklos, der Nervus vestibularis ist bereits markhaltig.

Das ganze Gebiet des Tuberculum acusticum zeigt keine markhaltigen Nervenfasern.

Vom Deitersschen Kern streben feine markhaltige Fasern zur Raphe.

Die aufsteigende Wurzel und das Knie des Facialis sind ebenso wie die austretende Wurzel markhaltig.

Auch die Fasern der Kleinhirn-Vorderstrangbahn (Deitersscher Kern-Vorderseitenstrang) sind bereits markhaltig.

Der Nervus abducens zeigt einen starken Markgehalt. Der sensible Trigeminus und seine Fortsetzung, die spinale Trigeminuswurzel, sind teilweise markhaltig, ebenso der motorische Trigeminus, die cerebrale Trigeminuswurzel ist marklos. Den meisten Markgehalt zeigt die austretende sensible und motorische Wurzel, den geringsten die sich kreuzende.

Das hintere Längsbündel nimmt von der Brücke an Faserzahl ab, ist aber am kräftigsten gefärbt.

Der rapheale Teil der Seitenstrang-Grundbündel ist oberhalb der unteren Oliven geschwunden, der nichtrapheale Teil zeigt starke Einbuße, im Quintusgebiet sind markhaltige Querschnitte nur vereinzelt zu erkennen.

Eine als Fortsetzung der Olivenzwischenschicht geltende Schleifenschicht ist schon vom Beginne der Brücke ab nicht zu erkennen.

Im Facialis-Abducensgebiet treten wieder markhaltige innere Bogenfasern auf, welche im rechten Winkel die hinteren Längsbündel und das faserarme mittlere Gebiet der Substantia reticularis alba durchqueren.

In der Brücke ist das Corpus trapezoides zum Teil markhaltig, und zwar nur zwischen beiden oberen Oliven, eine Verbindung zur lateralen Schleife ist noch nicht zu sehen, die laterale Schleife ist noch ganz marklos.

Das Markfeld dorsolateral von der oberen Olive zeigt noch keine markhaltige Nervenfaser.

Das Kernlager des vorderen und hinteren Zweihügels, der Bindearm und das Velum medullare anticum sind ganz marklos.

In den höheren Schnitten ist nur mehr der Nervus trochlearis, der Nervus oculomotorius und das hintere Längsbündel, das hier beim Oculomotoriuskern endet, markhaltig.

Alle anderen Gebilde der Hirnschenkelhaube und des Brückenfußes, Forelsche und Meynertsche Kreuzung, Meynertsches Bündel, roter Kern, Schleife und Bindearm sind marklos.

Die ersten markhaltigen Gebilde des Hirnstammes sind demnach im 5. Fötalmonate die Vorderstrang-Grundbündel und die hinteren Längsbündel, die Gehirnnerven, das Corpus trapezoides, die Fortsetzung der Seitenstrang-Grundbündel und der Strickkörper mit der Kleinhirn-Seitenstrangbahn und die oben angeführten Fasern.

Besonders erwähnenswert ist, daß Hösel schon im 5. Fötalmonate zum Teil den sensiblen Trigeminus und stark den sensiblen Vagoglossopharyngeus (Fasciculus solitarius) markhaltig, den Nervus cochlearis dagegen marklos, dafür aber den Nervus vestibularis markhaltig fand. Außerdem ist wichtig, daß das Corpus trapezoides markhaltig ist, während die laterale Schleife noch marklos ist; ferner wurde der sensible Trigeminus markhaltig gefunden, während die motorische cerebrale Wurzel noch marklos war. Diese Befunde zusammen mit den Westphalschen Befunden am Opticus zeigen, daß die Markscheidenentwicklung nicht immer in der Leitungsrichtung des Nerven stattfindet, und daß man mit der Deutung über Anfang und Ende und Leitungsrichtung einer Bahn nach den Befunden der Markscheidenbildung sehr vorsichtig sein muß.

Im 6. Fötalmonate treten nach Hösel neue Faserzuwächse im hinteren Längsbündel auf aus dem Vestibulariskerngebiet, aus dem Trigeminusgebiet und ferner aus den Zellen der Substantia reticularis durch das hintere Längsbündel zu den Vestibularkernen.

Es tritt dann der erste markhaltige Anteil der seitlichen Grenzschichte und des Gowersschen Bündels auf, ferner ein nichtraphealer Anteil zum vorderen Vierhügel und ein nichtraphealer gekreuzter Anteil zum Nucleus reticularis Tegmenti.

Bezüglich der Gehirnnerven treten im Hypoglossus Fasern zum dorsomedialen Abschnitt des Hypoglossuskernes auf, und Fasern zur Raphe und im Glossopharyngeus-Vagus treten Fasern aus dem Nucleus ambiguus auf. Betreffs des Nervus acusticus ist wichtig, daß der erste markhaltige Bestandteil des Nervus cochlearis auftritt aus der medialen Hälfte des

vorderen Acusticuskernes. Ferner tritt die Kleinhirnwurzel des Nervus vestibularis auf. Im 6. Fötalmonate wird auch die cerebrale Trigeminuswurzel markhaltig.

In diese Fötalzeit fällt auch der erste markhaltige Anteil der lateralen Schleife. Außerdem werden nach Hösel Fasern des Corpus trapezoides aus der medialen Hälfte des vorderen Acusticuskernes markhaltig und die Kommissurenfasern der großen Oliven.

Im Kleinhirn sind nur die Kleinhirn-Seitenstrangbahn und das Gowerssche Bündel markhaltig.

Am Ende des 6. und Anfang des 7. Fötalmonates fand ich*) in der Medulla oblongata das hintere Längsbündel stark markhaltig und ebenso den Burdachschen Strang, der den Burdachschen Kern umgibt. Um den Gollschen Kern finden sich weniger und nur blaß gefärbte Fasern vor, die in höheren Schnitten schwinden. Stark markhaltig ist der Nervus hypoglossus. Markhaltig finde ich ferner die Schleifenkreuzung, die Kleinhirn-Seitenstrangbahn, das Gowerssche Bündel und die Olivenzwischenschicht. (Ich erwähne nur die stärkeren und bekannten Bündel.)

Schnitte durch die größte Ausdehnung der unteren Oliven zeigen am stärksten markhaltig das hintere Längsbündel, das ich bis zum Oculomotoriuskern markhaltig verfolgen kann. Markhaltig ist ferner der Nervus hypoglossus, die Kleinhirn-Seitenstrangbahn, das Gowerssche Bündel, der Fasciculus solitarius, innere Bogenfasern vom Monakowschen Kern zur Olivenzwischenschicht, der Nervus vagus und glossopharyngeus, auch die Fasern aus dem Nucleus ambiguus sind markhaltig und auch die spinale Trigeminuswurzel. Der Nervus hypoglossus ist stärker markhaltig als der Nervus vagus und glossopharyngeus und die spinale Trigeminuswurzel.

Stark markhaltig sind der Nervus oculomotorius, trochlearis, abducens, facialis und vestibularis, etwas weniger der sensible Nervus trigeminus.

In der Acusticusgegend ist das hintere Längsbündel, das Gowerssche Bündel, die Kleinhirn-Seitenstrangbahn im Strickkörper, die Olivenzwischenschicht und die spinale Trigeminuswurzel markhaltig. Im äußeren Strickkörperanteil finden wir nur die mediale Partie markhaltig, welche der Kleinhirn-Seitenstrangbahn entspricht. Im Kleinhirn-Mittellappen sehen wir

*) Noch nicht publiziert.

nur die Fasern des Gowersschen Bündels und der Kleinhirn-Seitenstrangbahn markhaltig. Die Oliven-Kleinhirnbahn ist noch marklos.

Der Nervus cochlearis nimmt eine besondere Stellung in der Markentwicklung ein, indem nur seine mediale Partie in dieser Zeit markhaltig ist, welchen Befund Hösels im 6. Fötalmonate ich auch im 7. Fötalmonate fand. Der Nervus vestibularis dagegen erhält seine starke Markbildung wie die motorischen Hirnnerven.

In der Brücke finde ich um diese Zeit das hintere Längsbündel, den Trapezkörper und die laterale Schleife, die cerebrale Trigeminuswurzel und die sensible Trigeminuswurzel (spinale Trigeminuswurzel) markhaltig. Vom hinteren Längsbündel gehen um diese Zeit markhaltige Faserzüge gegen den Trigeminuskern hin.

Bezüglich des sensiblen Nervus trigeminus konnte ich konstatieren, daß die Markreife im intramedullären Verlaufe (spinale Trigeminuswurzel) früher vor sich geht als im extramedullären Verlauf. Im 7. Fötalmonat ist der intramedulläre Verlauf markhaltig, dagegen der extramedulläre Teil sehr wenig.

Die markhaltige Olivenzwischenschicht reicht im 7. Fötalmonate bis zur Brücke.

Im Kleinhirn sind nur die Fasern der Kleinhirn-Seitenstrangbahn und des Gowersschen Bündels markreif. Alle übrigen Fasern sind marklos.

Pyramidenbahn, Hirnschenkelfuß und Kleinhirn-Sehhügelbündel sind noch marklos.

Im Großhirn fand ich im 7. Fötalmonate noch keine markhaltigen Fasern, mit Ausnahme der Linsenkernfaserung, und zwar die Marklamellen des Linsenkernes und die Fasern, welche vom Linsenkern konzentrisch gegen den Luysschen Körper ziehen und die Fasern der Meynertschen Kommissur. Es sind das nach meinen Befunden die ersten markhaltigen Fasern des Großhirnes.

Der Nervus opticus, der Tractus und das Chiasma desselben sind völlig marklos nach meinen Befunden um diese Zeit, und ebenso der Tractus olfactorius.

Ähnlich wie Westphal bezüglich des extramedullären Anteils der Hirnnerven feststellen konnte, daß die motorischen Nerven in der Markbildung vorangehen, ebenso konnte ich bezüglich des intramedullären Anteils konstatieren, daß die

Markbildung der motorischen Hirnnerven früher vor sich geht. Die Markbildung der intramedullären Teile der Hirnnerven beginnt schon im 5. Fötalmonate.

Bezüglich der sensiblen und sensorischen Hirnnerven scheint nach den Befunden von Westphal und mir die Markbildung vom peripheren Teile des Neurons gegen das zentrale hin stattzufinden. Der Nervus opticus hat nämlich seine Ursprungsganglienzellen in der Retina und seine Markbildung beginnt im Tractus opticus, der Nervus trigeminus hat seine Ursprungsganglienzellen im Ganglion Gasseri und seine Markbildung geht erst im intramedullären Teil (spinale Trigeminuswurzel) vor sich, dasselbe gilt vom sensiblen Teil des Vagoglossopharyngeus. Sichere Gesetze über den Zusammenhang von Markbildung und Leitungsrichtung lassen sich derzeit noch nicht aufstellen.

Der Nervus vestibularis ist sehr früh mit viel Mark umkleidet und kann ich die Befunde von Held und Hösel diesbezüglich bestätigen.

Zur Zeit der Geburt erweisen sich im Hirnstamme als markhaltig der größte Teil der Formatio reticularis, mit Ausnahme der lateraldorsalen Abschnitte und der Zwischenhirn-Olivenbahn (zentrale Haubenbahn), sowie die größere Faserzahl des hinteren Armes des Kleinhirnes.

Der Strickkörper ist in seiner Entwicklung schon weit fortgeschritten, dagegen ist die Markbildung der Oliven-Kleinhirnbahn noch in den ersten Anfängen.

Die Kleinhirn-Sehhügelbündel (Bindearme) sind völlig markhaltig, ebenso die Brücken-Kleinhirnfasern des Brückenarmes und das Gowerssche Bündel. Eine schwache Myelinhülle zeigen die Pyramidenbahnen zur Zeit der Geburt, ebenso die dorsalen Fasern der hinteren Kommissur.

Nach der Geburt ummarken sich die dorsolateralen Teile der Formatio reticularis, die Zwischenhirn-Olivenbahn (zentrale Haubenbahn), die Pyramidenbahn, die Pyramidenschleife, die Oliven-Kleinhirnbahn, verschiedene Bogenfasern der Formatio reticularis, die Kleinhirn-Brückenfasern des Brückenarmes, der frontale, temporale und occipitale Anteil des Hirnschenkelfußes und die Bahnen des Corpus mammillare.

Im Kleinhirn erhalten zuerst die Fasern der Kleinhirn-Seitenstrangbahn im Strickkörper ihr Mark im 6. Fötalmonate und bald danach im 7. Monate die Fasern des Gowersschen Bündels. Sehr frühzeitig entwickelt sich auch die Kleinhirn-

Vorderseitenstrangbahn vom Deitersschen Kern zum Vorderseitenstrang des Rückenmarkes. Nach diesen primären Bahnen des Kleinhirnes ummarken sich die Dachkerne.

Im 8. Fötalmonate findet man bereits die Bahnen der Hinterstrangkerne zum Kleinhirn myelinhaltig, jedoch umscheiden sich die Fasern aus dem Gollschen Kern später als die der Burdachschen Kerne. Um dieselbe Zeit entwickelt sich der dorsale und bald darauf der mediale Faserzug des Bindearmes und der Rest der medialen Fasern des Strickkörpers, einige Bahnen der zentralen Kleinhirnkerne zur Rinde und der Pedunculus flocculi.

Um die Zeit der Geburt beginnt die Markbildung der Oliven-Kleinhirnbahn, der Brücken-Kleinhirnbahn und der restlichen Fasern des Bindearmes.

Die Kleinhirn-Brückenfasern im Brückenarm nehmen erst nach der Geburt Mark auf.

Zur Zeit der Geburt sind Wurm und Flocke völlig ausgebildet, dagegen die Fasermasse der Kleinhirn-Hemisphären noch meist völlig marklos.

Santo de Sanctis untersuchte die Markscheidenentwicklung des menschlichen Kleinhirnes an Föten von 4, 7, 8 und 9 Monaten, von Neugeborenen, von Kindern von 4, 28 und 29 Tagen, 2 Monaten, 1 Jahr und von Erwachsenen.

Beim $1^1/_2$ Tag alten Kaninchen fanden Ambronn und Held mittelst der Polarisationsmethode folgende Markreife:

| | |
|---|---|
| Gelb: | Hinteres Längsbündel, Nervus hypoglossus. |
| Orangegelb: | Nervus abducens, vestibularis, facialis, mot. Trigeminus, N. trochlearis, oculomotorius. |
| Orange: | Trapezkörper, fontäneartige Haubenkreuzung, ventrale Haubenkreuzung. |
| Orangerot: | Burdachscher Strang, cerebrale Trigeminuswurzel, Strickkörper, Olivenzwischenschicht, laterale Schleife. |
| Rot: | Fasciculus solitarius; Nerv. cochlearis. |
| Dunkelrot: | Striae acusticae. |
| Violett: | Nervus und Tractus opticus. |

Es stimmt also die Zeit und Intensität der Markreife dieser Methode im allgemeinen mit den Befunden der Weigertschen Methode.

Es zeigt sich, daß beim $^1/_2$ Tag alten Kaninchen das Stadium der völligen Markreife noch nicht erreicht ist, auf dem sich die markhaltigen Nerven als glänzend weiße Fasern im polarisierten Lichte zeigen. Das beruht darauf, daß

noch nicht alle Fasern desselben Bündels markreif sind und die Markreife im weiteren Wachstum erreichen.

Außerdem ist die Markreife zwischen den motorischen und sensiblen Hirnnerven und zwischen den sensiblen Hirnnerven untereinander eine verschiedene.

Die motorischen Hirnnerven sind markreicher als die sensiblen. Unter den sensiblen ist der Nervus opticus fast marklos, während der Nervus vestibularis stark markhaltig ist.

Außerdem fällt der Unterschied in der Markreife zwischen den sensiblen Nerven und ihren sekundären intracerebralen Bahnen auf. Der Trapezkörper und die laterale Schleife sind stärker markhaltig als der Nervus cochlearis und ebenso erscheint die Olivenzwischenschicht stärker markhaltig als der Hinterstrang des Rückenmarkes.

Wie sich die feineren Unterschiede der Entwicklung der einzelnen Bahnen des Rückenmarkes und des Gehirnstammes im späteren Kindesalter verhalten, darüber fehlen derzeit noch bestimmte Arbeiten. Nach Hervonet soll die vollständige Ausbildung der Pyramidenbahnen erst während des 4. Lebensjahres ihren Abschluß finden.

---

## Grosshirn.

Die wichtige Entdeckung Flechsigs über die allmähliche Markbildung des Gehirnes hat nicht nur wichtige Anhaltspunkte für die distinkte Unterscheidung und Isolierung einzelner Leitungsbahnen gegeben, sondern ist auch deshalb von ganz hervorragender Bedeutung, weil aller Wahrscheinlichkeit nach jene Nervenbündel, die sich zuerst mit Mark umkleiden, die zuerst funktionierenden sind. In dieser Weise zeigten sich durch die Untersuchungen Flechsigs die zuerst funktionierenden Rindenfelder des Gehirnes. Nach Flechsig erhalten die Nervenleitungen von verschiedener funktioneller Bedeutung ihre Markscheiden zu verschiedenen Zeiten und geben so ontogenetisch ihre funktionelle und histologische Entwicklung zu erkennen. Die Markscheide erscheint 3—4 Monate nach der Entwicklung des Achsencylinderfortsatzes.

Die ersten markhaltigen Fasern des Großhirnes fand ich bereits im 7. Fötalmonate auftreten, es sind das jene Fasern,

welche vom Zwischenhirn gegen den Linsenkern hinziehen, also jene Bahn, die Edinger als Haubenstrahlung bezeichnete, und welche Bahn ich nach Verletzung der ventralen Sehhügelkerne degeneriert bis zur Hirnrinde darstellen konnte.

Flechsig konnte nun nach der entwicklungsgeschichtlichen Markbildung beim Kindesgehirne verschiedene Rindenzentren abgrenzen, welche zuerst ihr Mark erhalten, während die übrigen Rindenzentren noch marklos sind.

Beim 8monatigen menschlichen Fötus fand Flechsig die ersten oben erwähnten markhaltigen Fasern, welche von der inneren Kapsel zwischen Linsenkern und Sehhügel zu den Zentralwindungen verlaufen. Im 7. Fötalmonate konnte ich diese Fasern noch nicht über den Linsenkern hinaus verfolgen. Es sind das Sehhügel-Rindenfasern, die vom ventralen Sehhügelkern zu den Zentralwindungen ziehen, und welche die im Sehhügel völlig unterbrochene sensible Leitung zu den Zentralwindungen führen. Im 8. Fötalmonate ist somit die sensible Leitungsbahn bis zur Großhirnrinde fertiggestellt; es ist dies die erste Bahn, die beim Fötus zur Entwicklung kommt und für die Körpergefühle, den Tast- und Muskelsinn bestimmt ist. Alle anderen Bahnen des Großhirnes sind um diese Zeit noch nicht entwickelt.

Beim reifen neugeborenen Kinde fand Flechsig im Hirnschenkel die Schleife und Pyramidenbahn bereits fertig gebildet.

Es fanden sich um diese Zeit viele markhaltige Fasern im äußeren Kern des Sehhügels, dagegen wenige im inneren Kern. Der Luyssche Körper enthält viele markhaltige Fasern und es ist ein Bündel zum Linsenkern zu verfolgen. Zahlreiche Markfasern ziehen vom äußeren Sehhügelkern zur Hirnrinde, hauptsächlich zur hinteren Zentralwindung.

Eine Anzahl Markfasern finden sich in der ersten Schläfewindung und im Gyrus hippocampi. Vom äußeren Kniehöcker und Sehhügel ziehen kompakte Bündel nach dem Hinterhauptslappen zur Gegend der Fissura calcarina. Es ist also um diese Zeit die Sehbahn entwickelt.

Das Stirnhirn ist um diese Zeit marklos. Im Gyrus uncinatus findet man viele Faserzüge und ein Bündel im Mandelkern.

Bei einem 1 Monat alten Kinde findet man die dritte Stirnwindung besser entwickelt als die anderen Stirnwindungen. Viele Markfasern sind in der äußeren Kapsel und in der ersten

Schläfenwindung zu sehen; ein starkes Bündel zieht vom Sehhügel und Linsenkern in die Zentralwindungen. Der Tractus olfactorius ist entwickelt, ebenso zeigt der Gyrus Hippocampi zahlreiche Markfasern.

Der Sehhügel zeigt beim Kinde von 1 Monate 10 Tagen das Stratum medullare pulvinaris, die Faserungen aus dem

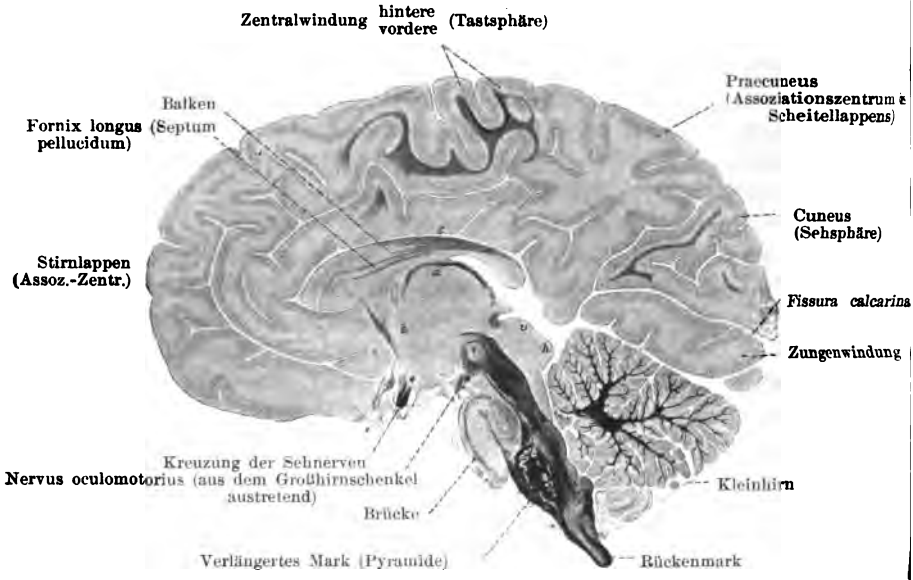



**Fig. 3. Sagittalschnitt (der Mittelebene des Körpers parallel) durch das Gehirn eines einmonatigen, vermutlich reifgeborenen Kindes.**

**(Aus Flechsig, „Gehirn u. Seele", Leipzig 1896.)**

**Die dunklen Partien zeigen das bereits entwickelte Mark an, während die lichten Partien noch marklos sind.**

***a* Taenia thalami optici, *b* Mark des Septum pellucidum (zum Teil zwischen Riechfeld und Gyrus hippocampi verlaufend), *c* Balken entsprechend der Körperfühlsphäre markhaltig, *v* vorderer, *h* hinterer Vierhügel, nahe der Mittellinie wenig Mark zeigend, seitlich davon viel, *r* roter Kern der Haube, nach abwärts davon (schwarz) Kreuzung der oberen Kleinhirnschenkel, x der Querschnitt des Tractus olfactorius als feines Häutchen erscheinend.**

lateralen und medialen Sehhügelkern, die innere und äußere Marklamelle und das Mark der Regio subthalamica entwickelt. Außerdem ist das Mark der beiden Kniehöcker, die Linsenkernschlinge, die Linsenkernfaserung und die Marklamellen des Linsenkernes, die Meynertsche Kommissur und die hintere Kommissur markhaltig (Nebelthau).

Die zweite und dritte Schläfenwindung und die vordere Kommissur sind um diese Zeit noch marklos.

Das laterale Sagittalmark vom Sehhügel und äußeren Kniehöcker zum Hinterhauptslappen ist entwickelt.

Zu dieser Zeit sind also die Bahnen für Tast- und Muskelsinn, die Riech- und Sehbahnen entwickelt.

Der Balken enthält nur in jenen Teilen Markfasern, welche den Zentralwindungen entsprechen.

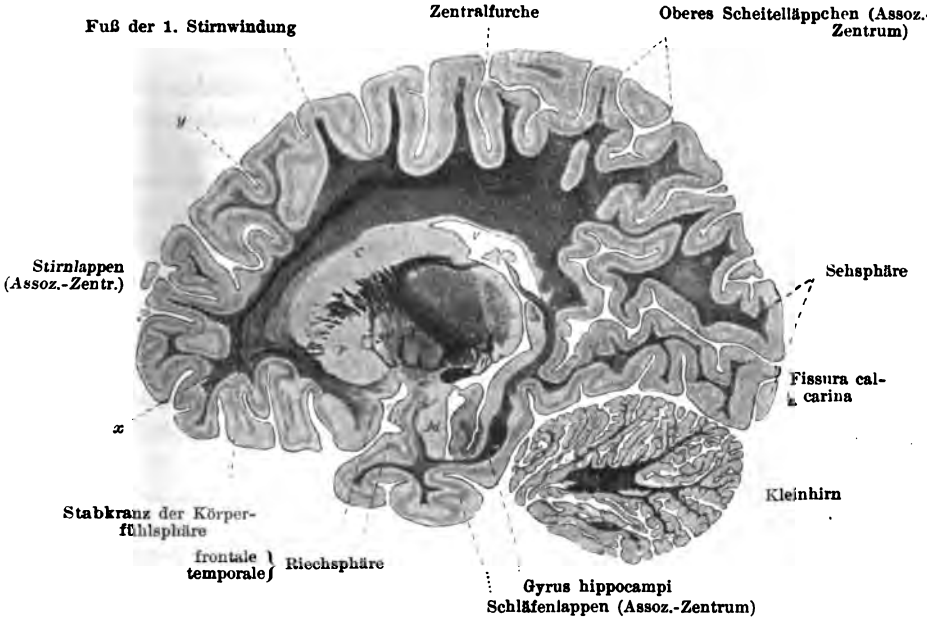



Fig. 4. Sagittalschnitt durch das Gehirn eines angeblich im 5. Monat verstorbenen, vielleicht einige Monate älteren Kindes.
(Aus Flechsig, „Gehirn u. Seele", Leipzig 1896.)
Alle Teile der weißen Substanz des ausgebildeten Gehirns sind markhaltig, nur stellenweise sind sie noch mit marklosen Fasern untermischt.
*C* Schweifkern, *P* Putamen des Linsenkerns, *gp* Globus pallidus des Linsenkernes, *T* Sehhügel (lateraler Kern), *II* äußerer Kniehöcker, x Substantia innominata Reilii, graue Substanz zwischen Linsenkern und *M* Mandelkern, *x-y* der Stabkranz des vorderen, oberen und inneren Teiles der Körperfühlsphäre, *V* Seitenventrikel des Großhirns.

Beim 3 Monate alten Kinde findet man außer den obigen Bahnen ein dichtes Bündel im Gyrus Hippocampi laufen, welches zur Zwinge führt. Der Vorzwickel ist um diese Zeit marklos.

Beim 9monatigen Kinde ist der Stirnlappen bereits gut entwickelt. Sehr starke Faserzüge führen von der inneren Kapsel zum Stirnhirn, verschwinden aber aus der Schnitt-

ebene, bevor sie die Rinde erreicht haben; ebenso enthält der Vorzwickel viele Fasern.

Das ganze Gehirn hat nach Flechsig um diese Zeit seine Projektionsfasern.

Es entwickelt sich also zuerst die sensible Leitungsbahn, welche für den Tast- und Muskelsinn bestimmt ist, sie ist die Fortsetzung der peripheren sensiblen Leitungen: hintere Wurzel des Rückenmarkes, Hinterstränge des Rückenmarkes, Gollsche und Burdachsche Kerne und Schleifenschicht.

Fast gleichzeitig entwickelt sich die Riechbahn, etwas später die Sehbahn, zuletzt kommt die Gehörbahn zur Entwicklung.

Bezüglich der Assoziationsbahnen entstehen verhältnismäßig frühzeitig diejenigen der Riechsphäre und weiter solche, welche im Grenzgebiet der zweiten Schläfen- und zweiten Hinterhauptswindung zusammentreffen. Als Hauptausgangspunkte für die Assoziationsbahnen dienen die Zentralwindungen, d. i. jenes Rindengebiet, wo sich hauptsächlich das Bewußtsein des Körpers (Haut- und Muskelsinn) lokalisiert. Außer den Zentralwindungen spielt auch die Hörsphäre eine wesentliche Rolle als Ausgangspunkt von Assoziationsbahnen, doch geht zeitlich die Sehsphäre vorauf.

Beim 2monatigen Kinde findet man zahlreiche Assoziationsbahnen von den hinteren Zentralwindungen nach verschiedenen Richtungen verlaufen. Auch ist die Hörsphäre (erste Schläfenwindung) durch zahlreiche Fasern mit der dritten Stirnwindung verbunden. Viele Assoziationsbahnen ziehen von der hinteren Zentralwindung nach hinten in die Gegend des Parietallappens, anderseits ziehen viele Assoziationsbahnen von der Sehsphäre nach vorn, so daß die Assoziationsfasern von zwei Sinnessphären zusammentreffen.

Die Assoziationsfasern, die vom Schläfenlappen zum Scheitellappen führen, kommen sehr spät zur Entwicklung, ebenso spät entstehen Bahnen, welche von der Hörsphäre zum Gyrus angularis führen.

Entwicklungsgeschichtlich hat Flechsig zuerst die Körperfühlsphäre, die Riechsphäre, die Sehsphäre und die Hörsphäre als Sinneszentren begrenzt und ein hinteres, mittleres und vorderes Assoziationszentrum aufgestellt.

Die Körperfühlsphäre begrenzte Flechsig so, daß ihre hintere Grenze mit dem hinteren Rand der hinteren Zentralwindung und des Parazentralläppchens zusammenfällt. Die

Stabkranzbündel in der vorderen Grenze entwickeln sich zuletzt, wo bereits ein großer Teil des Balkens markhaltig ist, so daß die vordere Grenze mittelst der Markscheidenbildung zu finden ist.

Der Stabkranz der Körperfühlsphäre entwickelt sich in mehreren Absätzen. Beim 8monatigen Fötus finden sich nur in den Zentralwindungen, und zwar hauptsächlich in der hinteren, zum Teil auch in der oberen Hälfte der vorderen, markhaltige Faserzüge, welche mit dem äußeren Sehhügelkern zusammenhängen, in dem die Schleife und die Kleinhirn-Sehhügelbündel endigen.

Die motorische Bahn, die Pyramidenbahn, ist um diese Zeit noch marklos und beginnt erst mit etwa 9 Monaten markhaltig zu werden. Es ist aber wahrscheinlich, daß sich um diese Zeit, wo die Sehhügel-Rindenfasern schon markhaltig sind, auch die Rinden-Sehhügelfasern von der Rinde her zum Sehhügel in ihrer Leitungsrichtung ummarken.

Die Pyramidenbahnen werden erst mit etwa 9 Fötalmonaten markhaltig, und sobald der gesamte Querschnitt dieses Bündels in der inneren Kapsel durchgehend Markscheiden erlangt hat, läßt auch der gesamte Lobulus paracentralis, die gesamte vordere Zentralwindung und der hintere Teil der ersten Stirnwindung zahlreiche markhaltige Stabkranzbündel erkennen, also im Ursprungsgebiet der Pyramidenbahnen, das ich mittelst der Degenerationsmethode bei amyotrophischer Lateralsklerose ebenso wie Flechsig mittelst seiner Markscheidenmethode abzugrenzen vermochte. Die Ursprünge dieser in erster Linie zur Bewegung der Tastorgane dienenden Leitungen liegen also nicht nur im Rindengebiete der Ausbreitung der sensiblen Nerven, sondern zum Teil gesondert von diesem.

Etwas später erscheinen Stabkranzfasern markhaltig, welche vom vorderen Teil des lateralen Kerns des Sehhügels und vom Globus pallidus zur Riechsphäre im Stirnlappen und zum Innenrand aller Längenabschnitte des Gyrus fornicatus gelangen. Dann gesellen sich auch vom Centre médian her Fasern dazu, welche zum Teil wenigstens gegen den Fuß der Stirnwindungen ziehen. Auch der Stabkranz der Riechsphäre des Schläfenlappens und des Gyrus Hippocampi wird jetzt in größerer Ausdehnung markhaltig, im wesentlichen Sehhügel-, Rinden- und Rinden-Sehhügelfasern.

Im 1. Lebensmonate treten Stabkranzbündel auf, welche

zwischen den oberen Teilen der dritten Stirnwindung und dem Hauptkern samt vorderen Kern des Sehhügels verlaufen. Später erscheinen Markfasern, welche die basalen Teile der dritten Stirnwindung, den hintersten Teil der zweiten Stirnwindung und das mittlere Drittel des Gyrus fornicatus in seiner ganzen Breite in größerer Menge versorgen. Ein bis zwei Monate später werden nach Flechsig mächtige Faserbündel markhaltig, welche zum Hirnschenkelfuß in Beziehung stehen, und dessen inneres Drittel, die frontale Großhirn-Brückenbahn bilden, die sich im Brückengrau auflöst. Flechsig glaubt, daß der Ursprung dieser Bahn in der Körperfühlsphäre liegt und die motorische Bahn für die Rumpf-, Nacken- und Augenmuskeln darstelle.

In der Körperfühlsphäre sind der Tast-, Druck-, Temperatursinn der Haut (Sexualorgane, Schleimhäute), die Schmerzempfindungen und Lagevorstellungen vertreten. Ebenso ist auch der Geschmack (vordere Hälfte des Gyrus fornicatus), wie auch der Geruch, soweit er durch den Trigeminus vermittelt wird, an die Körperfühlsphäre gebunden. Auch zum Zirkulations- und Respirationsapparate sollen hier nach Flechsig Beziehungen bestehen.

Die Riechsphäre zerfällt in eine frontale und temporale. Die frontale umfaßt den gesamten hinteren Rand der Basis des Stirnlappens und den basalen Teil des Gyrus fornicatus, die temporale den Uncus und einen Teil des benachbarten inneren Pols des Schläfelappens. Der Riechstreifen entwickelt sich spät nach dem Sehnerven. Die Größe der Riechsphäre vermochte Flechsig noch nicht zu bestimmen. Sie liegt in der Hakenwindung, dem Mandelkern dicht nach vorn an und ist mit ihm durch zahlreiche Fasern verbunden. Der Riechstreifen endet in der Hakenwindung. Mächtige, früh markreife Bündel, die hier entspringen, ziehen nach rückwärts zum Ammonshorn und sind nach Flechsig als Assoziationsbahnen zu bezeichnen. Vom vorderen Teil der Riechsphäre, insbesondere von der Gegend der Substantia perforata anterior, sollen teils Fasern über den Balken hinweg (Lancisische Streifen), teils im Mark des Septum pellucidum (Fornix longus) nach hinten ziehen und von hinten oben in den Gyrus Hippocampi eintreten. (Der größere Teil dieser Fasern zieht nach meinen Ermittlungen in umgekehrter Richtung.) Beide Faserzüge durchflechten sich im Subiculum Cornu Ammonis, bezw. an dessen Grenze gegen den Alveus.

Von der frontalen (× Fig. 3) und temporalen Riechsphäre (× Fig. 4) entwickeln sich zunächst Faserzüge, welche in den Globus pallidus des Linsenkernes eintreten. Später treten markhaltige Bündel auf, welche zum Sehhügel ziehen und zum Teil durch den vorderen Schenkel der inneren Kapsel verlaufen, zum Teil von der Gegend des Mandelkernes her, an der Außenseite des Unterhornes entlang ziehend, zugleich mit den Sehstrahlungen in den Sehhügel treten.

Von der Substantia perforata anterior entwickelt sich die Taenia Thalami (a Fig. 3) zum Ganglion Habenulae.

Der Fornix umhüllt sich einige Zeit vor dem Vicq d'Azyrschen Bündel mit Mark. Durch diese beiden Leitungen hängt der Gyrus Hippocampi mit dem vorderen Sehhügel zusammen, wo das Vicq d'Azyrsche Bündel endigt.

Die Sehsphäre ist das Rindengebiet, in dem die Sehstrahlungen aus dem Zwischenhirne endigen, und wird gebildet von der gesamten Innenfläche des Occipitallappens, an der Außenfläche nur von einer schmalen Zone im Bereich des Gyrus occipitalis I und des Occipitalpoles.

Erst nachdem der Tractus opticus bis zu den primären Zentren im Zwischenhirn markhaltig geworden ist, wird die Sehstrahlung markhaltig. Flechsig fand, daß die vom äußeren Kniehöcker kommenden Fasern ausschließlich in der Wand der Fissura calcarina enden. Im übrigen Teile der Sehsphäre enden die Fasern der Sehstrahlung aus dem Sehhügel.

Bei Kindern, welche einige Wochen gelebt haben, beginnen Fasern in der Sehsphäre markhaltig zu werden, welche sich in den Balkenwulst verfolgen lassen. Die Markbildung schreitet allmählich über die Mittellinie und hernach in die andere Hemisphäre. Der zur Sehsphäre gehörige Teil des Balkens entwickelt sich beträchtlich früher als der davor liegende Teil des Balkenkörpers.

Von Assoziationsfasern der Sehsphäre konnte Flechsig bei 1monatigen Kindern nur nach allem Anschein ein schmales Faserblatt zur Zwinge verfolgen.

Die Hörsphäre liegt in der ersten Schläfenwindung mit ihren beiden Querwindungen, die in der Tiefe der Fossa Sylvii liegen.

Im 2. Lebensmonate hebt sich die vordere Querwindung der ersten Schläfenwindung durch ihren Reichtum an markhaltigen Fasern deutlich von allen anderen Bezirken des Schlä-

fenlappens ab. Das vordere Drittel und das hintere Fünftel der ersten Schläfenwindung sind außerhalb des Markbereiches gelegen.

Die Hörsphäre steht mit dem inneren Kniehöcker in Zusammenhang (Monakow, Flechsig, Probst).

Die temporale Brückenbahn soll nach Flechsig die Erregungszustände der Hörsphäre auf die Bewegungsapparate der Ohren (Kopfdreher, Rumpfdreher) übertragen.

Nachdem die Sinnessphären ihre Stabkranzfasern bereits erhalten haben, entwickeln sich aus ihnen kurze Assoziationsfasern, welche in die benachbarten Bezirke der Assoziationszentren hineingehen (sogenannte Randzonen). Aus diesen Randzonen ziehen wiederum neue Assoziationsfasern in die mittleren oder zentralen Partien der Assoziationszentren. Die verschiedenen Assoziationszentren einer Hemisphäre sind miteinander nicht durch lange Assoziationsfaserzüge in irgend erheblichem Grade verbunden. Die Hör-, Seh- und Riechsphäre besitzen nur kurze Assoziationsfaserzüge in die Randzonen. Dagegen ist die Körperfühlsphäre mit den zentralen Partien aller drei Assoziationszentren durch lange Assoziationsfaserzüge verbunden.

Die Sinnessphären zeichnen sich durch besondere Zellformen und durch eine besonders starke Anhäufung von Tangentialfasern aus, und zwar entweder durch eine Verstärkung der äußeren Tangentialfaserschicht (wie beim Haken) oder durch das Auftreten eines innerhalb der Rinde parallel der Oberfläche derselben verlaufenden Streifens von markhaltigen Fasern, eines Vicq d'Azyrschen Streifens (Seh- und Hörsphäre).

Den Abschluß der Markscheidenbildung verlegt Flechsig unbestimmt auf das Ende des 10. Lebensmonates. Nach Abschluß der Markscheidenbildung lassen sich die Sinneszentren nicht mehr begrenzen, Balken- und Projektionsfasern lassen sich nicht mehr unterscheiden.

Während diese vier Sinneszentren sich bald mit Mark umgeben und von hier aus die Markbildungskegel immer umfangreicher werden, fand Flechsig drei größere Rindenpartien, die sich durch anfängliche Markarmut auszeichnen, und bezeichnete sie als vorderes, mittleres und hinteres Assoziationszentrum. Die Assoziationszentren verbinden indirekt die verschiedenen Sinneszentren, niemals direkt.

Das hintere Assoziationszentrum umfaßt den Vorzwickel, die gesamten Scheitelwindungen, Teile des Gyrus lingualis, die Spindelwindung, die zweite und dritte Schläfenwindung mit dem Temporalpol und die vorderen auf der Außenfläche des Gehirnes gelegenen Abschnitte aller drei Hinterhauptswindungen.

Diese verschiedenen Windungen erhalten nicht gleichzeitig ihr Mark, der occipitale Teil geht den anderen voran, und an der Grenze der zweiten Hinterhaupts- und zweiten Schläfenwindung befindet sich ein Gebiet, welches durch besonderen Markreichtum ausgezeichnet ist.

Das mittlere Assoziationszentrum befindet sich in der Insel. Das vordere Assoziationszentrum wird durch die vordere Hälfte der ersten und den größten Teil der zweiten Stirnwindung gebildet und vom Gyrus rectus. Nach Flechsig gelangen zwar Stabkranzfasern aus der inneren Kapsel bis nahe an den Stirnpol, biegen aber hier spitzwinklig nach hinten um, ein Verhalten, das bisher von niemandem bestätigt werden konnte (Monakow, Siemerling, Römer, Sachs). In dieses Assoziationszentrum verlegte Flechsig das Persönlichkeitsbewußtsein, das hintere Assoziationszentrum sollte für die geistige Produktivität von hervorragender Bedeutung sein.

Durch Untersuchung einer größeren Zahl früher nicht berücksichtigter Entwicklungsstadien vom 7. Fötalmonat bis zum $1^1/_4$ Jahre alten Kinde an 28 Gehirnen kam Flechsig zu den Ergebnissen, daß die Entwicklung der Markscheiden im Großhirn in räumlich-zeitlicher Hinsicht denselben allgemeinen Gesetzen folgt, wie im Rückenmark und Gehirnstamm, und daß gleichwertige Fasern annähernd gleichzeitig Markscheiden erhalten (Fundamentalgesetz, Kollateralen erhalten später ihr Mark als die Stammfasern) und verschiedenwertige Systeme in gesetzmäßiger Reihenfolge sich ausbilden. Fasersysteme, welche zeitlich große Unterschiede zeigen, sind nicht von übereinstimmender Bedeutung. Die Markbildung in den Großhirnlappen beginnt $2^1/_2$—3 Monate vor der normalen Geburt. Die ersten Systeme sind die Schleifenstrahlung und der Tractus olfactorius; zerstreute markhaltige Fasern finden sich daneben nirgends in den Großhirnlappen.

Die Markentwicklung in der Rinde beschränkt sich von vornherein auf ganz distinkte Stellen, die übrigen Abschnitte sind ganz frei, auch von ganz vereinzelt verlaufenden markhaltigen Fasern. Das Weiterschreiten erfolgt felder- und bündel-

weise. Die Rinde zerfällt so entwicklungsgeschichtlich in eine große Anzahl besonderer Zonen, welche er „entwicklungsgeschichtliche Rindenfelder" bezeichnet. Während er früher 9 (5 Sinnes- und 4 Assoziationsfelder) solche Felder annahm, unterscheidet er nun 40 entwicklungsgeschichtliche Felder, deren jedes durch eine besondere Entwicklungszeit ausgezeichnet und deren jedem einzelnen Besonderheiten in bezug auf die leitenden Verbindungen zukommen. Die Grenzen dieser

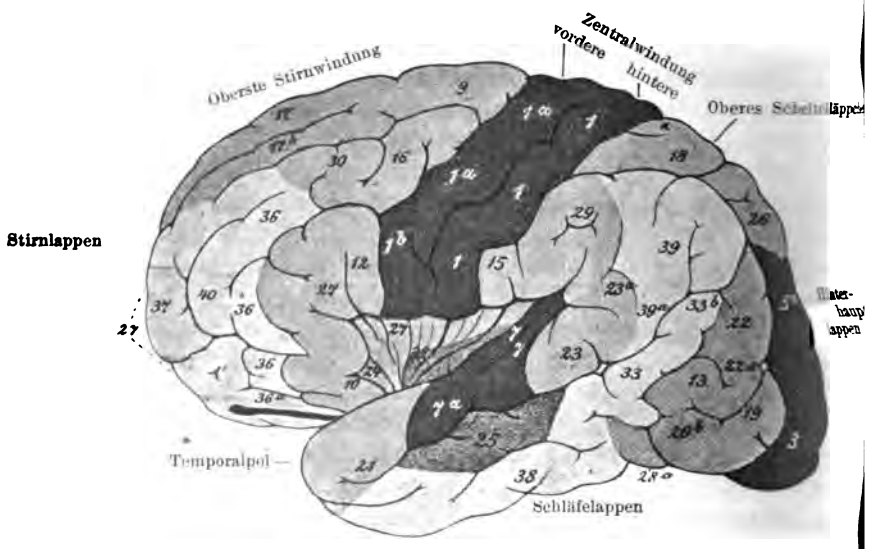



Fig. 5. Laterale Ansicht der Großhirnhemisphäre mit Einzeichnung der Sinnes- und Assoziationszentren nach Flechsig 1898. Die dunkelgehaltenen Partien stellen die stabkranzreichen Primordialgebiete, die heller getönten die Intermediärgebiete dar; die hellgehaltenen Felder sind stabkranzfreie Terminalgebiete. Die Reihenfolge der Zahlen gibt die zeitliche Reihenfolge der Markbildung der verschiedenen Rindenfelder an.

Felder sind Grenzlinien markhaltiger und zeitweilig markloser Gebiete, welche über eine gewisse Entwicklungsperiode persistieren.

Nach der Entwicklungszeit teilt Flechsig die Rindenterritorien in

1. Primordialgebiete, die sich mit den früher erwähnten Sinneszentren decken und schon vor der Reife sich regelmäßig ausbilden (No. 1—8).

2. Intermediärgebiete, die bis 1 Monat nach der völlig reifen Geburt mit der Markentwicklung beginnen (No. 9—32). Sie sind teils Sinnes-, teils Assoziationszentren.

3. Terminalgebiete, die später als 1 Monat nach der Geburt ihr Mark bilden und Teile der früheren Assoziationszentren sind.

Während die erste Markbildung $2^1/_2$—3 Monate vor der normalen Geburt einsetzt, beginnt die Markbildung in den Terminalgebieten $4^1/_2$ Monate später als in den Primordialgebieten. Die letzteren sind schon überwiegend markhaltig, bevor in den Terminalgebieten auch nur eine markhaltige Faser nachweisbar ist. Die von der hinteren Zentralwindung aus-

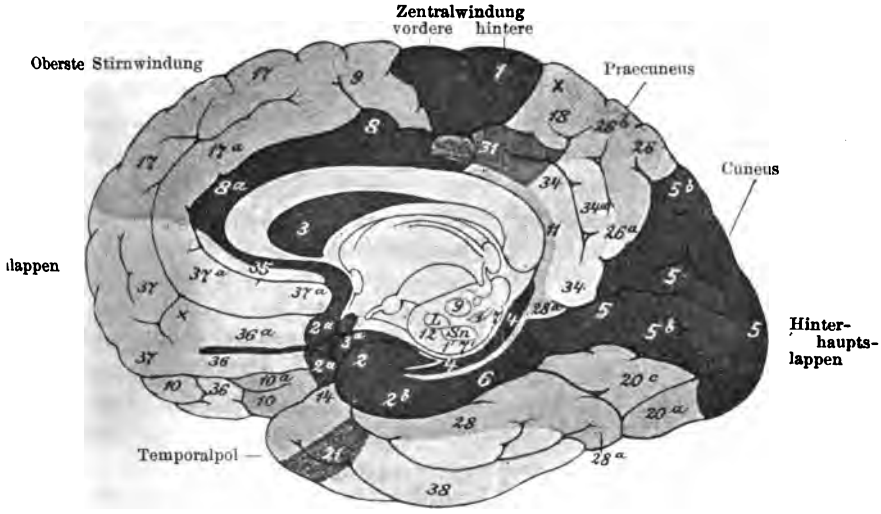



Fig. 6. Mediale Ansicht der Großhirnhemisphäre mit den Rindenfeldern nach Flechsig im Jahre 1898.

gehenden langen Assoziationssysteme entwickeln sich annähernd gleichzeitig mit den späteren Terminalgebieten.

Primordiale Sinneszentren sind die Zentralwindungen (besonders die hintere), die Lippen der Fissura calcarina und die erste Occipitalwindung, die Hakenwindung und innere Riechwindung, Ammonshorn, Subiculum Cornu Ammonis, Gyrus fornicatus (besonders das mittlere Drittel) und die Querwindungen des Schläfenlappens.

Terminalgebiete (Zentralgebiete) unterscheidet Flechsig acht. Erste und zweite Stirnwindung, die untere Scheitelwindung, die zweite und dritte Schläfenwindung und ein Stück des Gyrus fornicatus.

Die Intermediärgebiete entwickeln sich in der Periode zwischen den Primordial- und Terminalgebieten. Beim reifen Kinde sind sie zum Teil bereits markhaltig. Die zuerst entwickelten sind sämtlich Sinneszentren (sekundäre Sinneszentren), die späteren nannte Flechsig Randzonen von Sinneszentren; in den letzteren kommen Projektionsfasern nur vereinzelt vor und sind corticofugal. Sekundäre Sinneszentren sind der Fuß der ersten Stirnwindung (No. 9, s. Fig. 5 u. 6), der orbitale Teil der dritten Stirnwindung (No. 10), der Fuß der dritten Stirnwindung (No. 12), der Gyrus subangularis (No. 13) u. a. Randzonen sind das hintere Drittel der ersten Schläfenwindung (No. 23) und das vordere Drittel (No. 21).

Die erste Stirnwindung zerfällt in vier, die dritte in drei entwicklungsgeschichtliche Felder. Die Pars triangularis gehört zu den spätreifenden Intermediärgebieten, die Pars orbitalis schließt sich den primordialen Sinneszentren dicht an.

Die zweite Parietalwindung zerfällt in vier Felder, ein vorderes kleines im Operculum gelegenes (s. Fig. 5 u. 6 [No. 15]) sekundäres Sinneszentrum, ein hinteres, den Übergang zur zweiten Occipitalwindung vermittelndes (No. 22), ein dem mittleren Drittel der hinteren Zentralwindung anliegendes, welches den Gyrus supramarginalis größtenteils bildet (No. 29) und das Scheitelhöckerläppchen (No. 39). Nur letzteres ist Terminalgebiet, doch entwickelt sich auch No. 29 erst kurz vor den Terminalgebieten.

Der Vorzwickel wird gebildet durch vier Rindenfelder, von welchen nur eines Terminalgebiet ist (der hintere Teil des Gyrus fornicatus, No. 34), die übrigen Felder sind Randzonen (No. 26 und 31).

Die Insel zerfällt in vier Felder, von denen eines (No. 32) den Übergang der Intermediärgebiete zu den Terminalgebieten bildet; von den übrigen drei ist eines Primordialgebiet mit spärlichen Projektionsfasern.

Die Leitungsrichtung ist nach Flechsig mit großer Sicherheit aus der Entwicklungsrichtung zu erschließen.

Im Entwicklungsgang der Fasern eines Feldes zeigt sich das Gesetz, daß die verschiedenen Kategorien der Fasern nacheinander in gesetzmäßiger Reihenfolge auftreten. In der einen Reihe der Felder beginnen Projektionsfasern sich mit Mark zu umhüllen, in der anderen Assoziationsfasern. Flechsig bezeichnet die zuerst reifenden als Primärsysteme, zum Unterschiede von Sekundär-, Tertiär-, Quartärsystemen, je nach der Reihenfolge,

in welcher sie auftreten. Die Primärsysteme sind bald Projektions-, bald Assoziations- (insbesondere Balken-) Systeme; in keinem Falle soll bei hinreichend frühen Perioden die gleichzeitige Entstehung beider Kategorien nachzuweisen sein.

Alle Primärsysteme der Primordialgebiete sind in Anbetracht ihrer Entwicklungsrichtung als corticopetale Leitungen nach Flechsig anzusehen. In den Terminalgebieten tritt in der Regel an den Rindenfasern Mark zuerst in unmittelbarer Nähe der Rinde auf. Die Primärsysteme leiten hier also corticofugal. Es soll sich hier aber nicht um motorische Projektionsfasern handeln, da solche nirgends primär sich entwickeln, sondern nur von Rindengebieten aus wachsen, bis zu welchen sensible Leitungen markhaltig geworden sind. Es soll sich hier um Balkenfasern handeln, und diese sollen nur an besonderen Schnittebenen nachweisbar sein.

Während Flechsig 1898 40 provisorische entwicklungsgeschichtliche Felder annahm, nahm er 1901 36 solche an (Fig. 7 u. 8), da es sich herausstellte, daß einige jener Felder zusammenzulegen seien. Statt der bisherigen zwei Felder in der ersten Parietalwindung nimmt Flechsig nun drei Felder an. Die erste Scheitelwindung enthält an ihrer Außenfläche, meist in der Interparietalfurche versteckt, ein Gebiet, welches sich durch sehr frühzeitige Entwicklung der Markscheiden auszeichnet, so daß man es zu den (späten) Primordialgebieten stellen muß. Dieses Gebiet bezeichnet Flechsig nunmehr mit No. 14. Bei reif geborenen Früchten sind hier bis tief in die Rinde hinein markhaltige Faserbündel nachweisbar, in der Regel ist aber der Markgehalt noch zu gering, um sich makroskopisch geltend zu machen, erst bei etwa vier Wochen alten reif geborenen Kindern ist die Markbildung regelmäßig soweit gediehen, daß man die Grenzen genau feststellen und individuelle Schwankungen in der Größe und Lage des Feldes erkennen kann. Hier zeigt es sich, daß es im Mittel etwa den zehnten Teil der ersten Parietalwindung bildet. Nach außen ist es begrenzt vom Gyrus angularis, so daß es Flechsig Gyrus supraangularis benennt. Mitunter bildet es für sich eine Übergangswindung, mitunter liegt es breit und langgestreckt der Außenfläche der ersten Parietalwindung an. Nach vorn wird es begrenzt von der Randzone, der oberen hinteren Zentralwindung (Region der unteren Extremitäten), welche Flechsig 1898 (s. Fig. 5 u. 6) mit No. 18, 1901 (s. Fig. 7 u. 8) mit No. 16 bezeichnete und das er nunmehr wieder mit No. 18 bezeichnet. Nach hinten und

außen ist No. 14 umgeben von dem Feld, welches 1898 mit No. 28, 1901 mit No. 22 bezeichnet wurde und das nach hinten an die erste Hinterhauptswindung heranreicht.

Der Gyrus supraangularis hat bezüglich Größe und Anordnung der Nervenfasern eine auffallende Ähnlichkeit mit dem Gyrus subangularis. Darüber, ob der Gyrus supraangularis einen Stabkranz besitzt, konnte Flechsig zu keinem positiven Ergebnis kommen. Beim Neugeborenen scheinen einzelne markhaltige Fasern vom Mark der hinteren Zentralwindung in den Gyrus supraangularis zu ziehen. Von Stabkranzbündeln kann man nach Flechsig schon wegen der geringen Zahl der Ele-

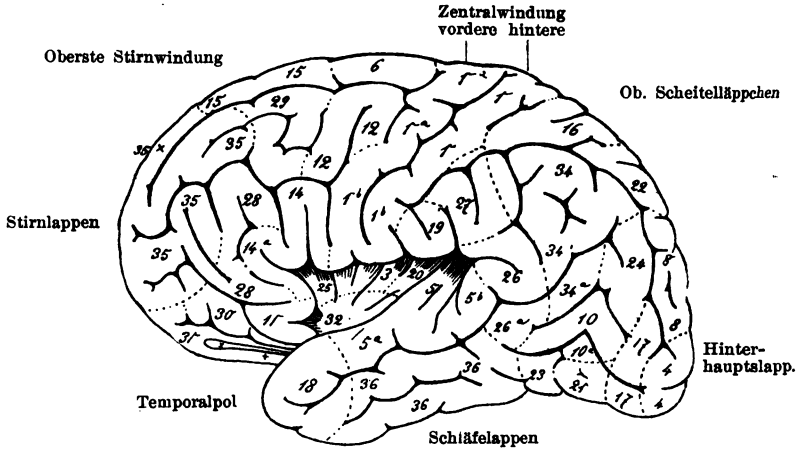



Fig. 7. Die myelogenetischen Rindenfelder nach Flechsig im Jahre 1901. (Laterale Ansicht der Großhirnhemisphäre.)

mente nicht sprechen, auch mischen sich Fibrae arcuatae der hinteren Zentralwindung bei, so daß nur einzelne Projektionsfasern darin enthalten sein können. Dagegen tritt schon frühzeitig ein Balkenbündel auf, welches radiär in der Richtung zum Stabkranz des hinteren Gyrus fornicatus verläuft, so daß man bei oberflächlicher Untersuchung den Eindruck gewinnt, als ob es mit dem Stabkranz zusammenhinge. Dieses Balkenbündel fällt durch seine frühzeitige Entwicklung auf, um so mehr, weil es im Balkenkörper zwischen den Balkenbündeln des Gyrus angularis liegt, welche als zum Terminalgebiet No. 36 gehörig, sich ungemein spät entwickeln. Dieses Balkenbündel ist nach Flechsig von Monakow fälschlich als Stabkranzbündel gedeutet worden.

Im Jahre 1898 bezeichnete Flechsig die Sehsphäre (Fig. 5 und 6) mit 5 und den oberen vorderen Teil der ersten Hinterhauptswindung mit 5a und rechnete diesen zur Sehsphäre. 1901 trennte er diese beiden Gebiete und benannte die primäre Sehsphäre (Fig. 7 u. 8) (Gebiet des Vicq d'Azyrschen Streifens) mit No. 4 und den anderen oben erwähnten Teil mit No. 8. Diese beiden Gebiete stoßen nicht direkt aneinander und sind durch einen schmalen Rindenstreifen späterer Entwicklung getrennt. Die primäre Sehstrahlung mündet nun in No. 4 ein. Fast gleichzeitig mit diesem Gebiete No. 8 werden Nervenfasern in einem Rindengebiete markhaltig, welches die primäre Seh-

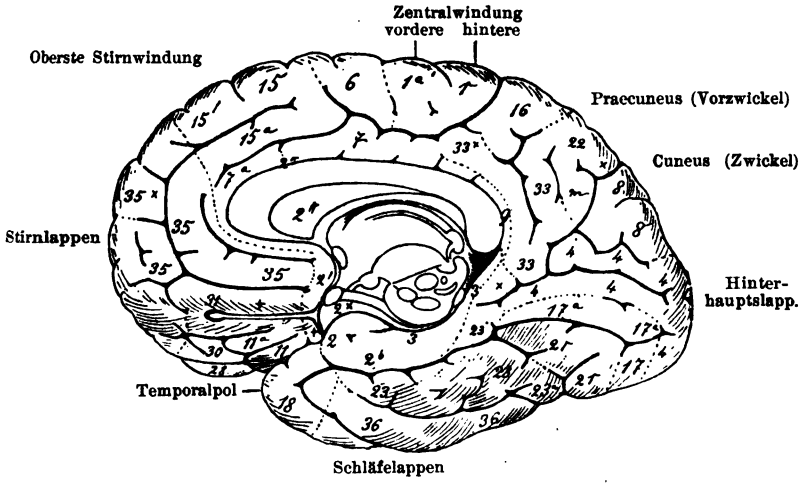



Fig. 8. Die myelogenetischen Rindenfelder nach Flechsig im Jahre 1901. (Mediale Ansicht der Großhirnhemisphäre.)

sphäre nach hinten umgibt (äußere Polregion), die er 1898 nicht näher bezeichnete und 1901 mit No. 17 (Fig. 7) versah. Flechsig fand aber eine noch frühere Entwicklungszeit, so daß diese Nummer geändert wird.

Bezüglich der Riechsphäre, die sich nach den Zentralwindungen mit Mark umhüllt, fand neuestens Flechsig bei einem 34 cm langen Fötus, daß die Rinde der Zentralwindungen marklos war, während in der Riechsphäre voll entwickelte Markscheiden vorhanden waren.

Dieser Befund würde nach Flechsig mit der Tatsache harmonieren, daß die Ganglienzellen der Riechsphäre zuerst von allen Rindenzellen des Menschen ihre definitive Gestalt

erlangen. Hiernach müßte die Riechsphäre die No. 1 erhalten, falls es sich hier um Gesetzmäßigkeit handelt. Jedenfalls schreiten die Zentralwindungen nach Beginn der Markbildung viel rascher in ihrer Entwicklung vorwärts als die Riechsphäre. Auch erhalten einzelne Teile der Riechsphäre sicher später Markscheiden, als große Abschnitte der Zentralwindungen.

Bezüglich der Anordnung und Verlaufsweise der markhaltigen Rindenformen unterscheidet Flechsig einen motorischen und sensiblen Typus, ohne den Unterschied genauer derzeit anzugeben.

Der Sehhügel enthält sechs durch die Zeit der Markumhüllung ausgezeichnete, somit verschiedenartige Gebilde, während der Globus pallidus sich einheitlich entwickelt.

Monakow untersuchte die Gehirne von drei Früchten aus dem 5. und 6. Fötalmonate, vom neugeborenen und 2-, 3- und $3^1/_2$monatigen Kinde.

Monakow fand ebenso wie Flechsig im Gehirn des 2monatigen Kindes die Markbildung beschränkt auf die Zentralwindungen, die medialen Hinterhauptswindungen, den Gyrus Hippocampi und die innere Kapsel. Auch im Marke der Schläfenwindungen konnte Monakow Anfänge einer Markscheidenbildung erkennen; die Fasersubstanz der übrigen Gehirnwindungen war auf dieser Entwicklungsstufe noch völlig marklos, während die innere Kapsel eine sehr mächtige Markfaserbildung verriet. Auch die Marklamellen des Sehhügels waren um diese Zeit reif.

Beim 3—4monatigen Kinde fand Monakow wie Flechsig die verschiedenen Windungsgruppen in sehr ungleicher Weise mit reifen Fasern ausgestattet. Die Zentralwindungen nebst der Gegend der Rolandoschen Furche, der Zwickel und der Gyrus lingualis, vorn auch der Gyrus Hippocampi zeigten einen schwarzfärbenden Markkegel, der von der Rinde an einigen seitlichen Stellen nur durch eine schwache marklose Zone geschieden war, und aus dem auch deutliche, gegen die innere Kapsel zu konvergierende Strahlungen auf weite Strecken verfolgt werden konnten (Sehstrahlungen, Pyramidenbahn, Strahlungen des lateralen Sehhügelkernes etc.). Die occipitalen Abschnitte der zweiten und dritten Schläfenwindungen und der Gyrus fornicatus zeigten nur einen halbreifen (grauvioletten) Markkamm, die Windungen des unteren Scheitelläppchens befanden sich ganz im Beginn der Markumhüllung (leicht grauer Schimmer). Die Markmasse der ersten Schläfenwindung

nahm hinsichtlich ihrer Reife eine Zwischenstellung zwischen den Zentralwindungen und zweiten und dritten Schläfenwindung (hintere Abschnitte) ein; jedoch erwies sich auch hier die Ausreifung auf ganz verschiedenen Stufen. Sehr wenige reife Markfasern fanden sich in den Stirnwindungen, welche Gegend überhaupt in der Entwicklung am weitesten zurückgeblieben war.

Aus dem unteren Scheitelläppchen, insbesondere dem Gyrus supramarginalis und auch aus den basalen Schläfenwindungen ließen sich deutlich Projektionsfasern in die Sehstrahlungen nachweisen. Es ließ sich eine Stabkranzverbindung mit dem unteren Scheitelläppchen, als mit den zentralen Schläfenwindungen nachweisen, was gegen die Flechsigsche Theorie spricht, daß in den Assoziationszentren oder Terminalgebieten keine Stabkranzfaserung zu finden ist. Flechsig erklärt aber diesen Stabkranz für einen sehr geringen, nur aus wenigen Fasern bestehenden, den man nicht als eigentlichen Stabkranz ansehen könne.

Es zeigte sich, daß die Markumhüllung im Faserkegel der Windungen einerseits, in den Stabkranzbündeln und in der inneren Kapsel andererseits viel weiter vorgerückt war als in den Übergangszügen zwischen Faserkegel und den tiefen Strahlungen, d. i. im Centrum ovale. Der den Zentralwindungen entsprechende Balken war bereits markreif, während Fimbria und Fornix nur vereinzelte reife Fasern enthielt, die schon in den Ebenen der Zentralwindungen nicht mehr nachzuweisen waren.

Nicht immer sind es die Projektionsbündel, welche sich zuerst und in ihrer einer Windung voll zukommenden Anzahl mit Mark umhüllen; man sieht auch bisweilen, neben den ersten Anfängen einer Markumhüllung in den Radiärfasern, ziemlich weit vorgerückte Reife bei Fasern, welche Assoziationssystemen angehören müssen. Manche Fasern der Fibrae propriae werden sogar um diese Zeit schon markhaltig.

Nach Flechsig dagegen werden zuerst die Projektionsfasern, dann die in den entsprechenden Gegenden gelegenen Fibrae propriae, dann die zugehörigen Balkenteile und zuletzt endlich die langen Assoziationsbahnen markhaltig. Die Auffassung, daß in strenger Rangordnung nacheinander (z. B. hintere Wurzel, Schleife, Sehhügel-Rindenfasern) die verschiedenen, einer Bahn (im physiologischen Sinne) zugehörigen Neuroneordnungen sich mit Mark umhüllen (Flechsig), trifft

nach den Beobachtungen von Monakow für das Großhirn nicht immer zu.

Monakow erwähnt, daß die Pyramidenbahn vor ihrem Eintritt in den eigentlichen Stabkranz ärmer an Markfasern als in der inneren Kapsel, ja selbst im Faserkegel der Zentralwindungen ist, und daß sonach bei der Markumhüllung hinsichtlich des zeitlichen Verlaufes, noch andere, mehr lokale Momente eine Rolle spielen. Es ist demnach nicht immer leicht, die Kontinuität eines Faserzuges auf Grund des Reifestadiums sicher nachzuweisen.

Die Faserausreifung geht nach Monakow etwa in der Weise vor sich, daß zuerst die Bestandteile der inneren Kapsel, namentlich sofern sie dem Sehhügel entstammen, markhaltig werden (Sehhügel-Rindenfasern). Bald darauf umhüllen sich mit Mark die zentralen Abschnitte derjenigen Windungen, die beim Kinde in erster Linie in Funktion zu treten haben, also der Zentralwindungen, des Cuneus etc. Zwischen den im Beginne der Reifung sich befindenden Markkegeln und den zugehörigen Anteilen der inneren Kapsel bleibt ein ziemlich sich hell haltendes Gebiet, in dem nur vereinzelte, in der Markbildung nicht fortgeschrittene Fasern als Verbindungsbrücke verlaufen. Die weitere Entwicklung erfolgt in der Weise, daß von der Rinde her einerseits, von der inneren Kapsel resp. Sehhügel her andererseits ein Entgegenwachsen der sich mit Mark umhüllenden Fasern sich zeigt, wobei indessen die so scheinbar herauswachsenden Markfasern im Markkegel und im Centrum ovale durchaus nicht nur aus Projektionselementen, sondern in der Mehrzahl auch aus Individuen, die der Assoziation zu dienen haben, bestehen. Haben sich die Markkegel bis zu einem gewissen Grade mit dunklen Markfasern versehen, dann folgt dem sofort das Markhaltigwerden von Balkenfaseranteilen. Es macht nach Monakow den Eindruck, als würde ein ganzer Neuronenkomplex einer physiologisch einheitlichen Bahn nahezu gleichzeitig reif, wennschon in der Breiterichtung nicht die ganze Summe der für eine bestimmte Funktion dienenden Neuronenkomplexe gleichzeitig sich bilden. In der Breiterichtung scheint die Entwicklung vom Zentrum des Hauptsektoren exzentrisch bis zur Peripherie eines Feldes hin langsam fortzuschreiten, derart, daß zuerst das Zentrum des Markkegels einer Windung, dann die Peripherie markhaltig werden, resp. daß zuerst der Markkegel im Zentrum eines kortikalen Feldes, dann derjenige von

den peripher angrenzenden Windungen sich mit Mark umhülle. Ganz zuletzt dürften innerhalb der einzelnen Windungen allerdings die den Fibrae propriae angehörenden und die interkortikalen assoziativen Fasern sich fertig entwickeln. Bei der Sehbahn zum Beispiel schließt sich, wie auch Flechsig hervorgehoben hat, an das Markhaltigwerden des Tractus opticus sehr rasch die Markumhüllung in den Sehstrahlungen und damit auch die Markkegel des Cuneus, der Rinde der Fissura calcarina, der Gyrus lingualis etc. an; der einzelne Neuronenkomplex der Sehbahn oder eine Gruppe dieser werden nahezu gleichzeitig markhaltig. Aber ebensowenig wie sämtliche Fasern des Tractus opticus oder der Sehstrahlungen in einem Zuge markhaltig werden, ebensowenig findet dies statt bei sämtlichen Assoziationsfasern des Cuneus. Im Tractus opticus sind es nach Flechsig und A. Westphal die am meisten zentral liegenden Fasern, in welchen die Markumhüllung anhebt. Die Fasern in der Peripherie schließen sich jenen langsam an; ganz ähnlich schreitet die Markumhüllung in den Sehstrahlungen und im Mark des Cuneus vor. Und bis sämtliche Gruppen der Neuronenkomplexe der optischen Bahn in vollem Umfange, d. h. in ihrer äußeren Peripherie reif werden, dürften nicht nur Monate, sondern vielmehr Jahre vergehen.

Ähnlich ist anzunehmen, daß die sensible kortikale Strahlung hinsichtlich ihrer Markumhüllung vom Zentrum (hintere Zentralwindung) aus nach der Peripherie sich langsam ausbreitet.

Monakow fand beim $3^1/_2$monatigen Kinde die frontale Brückenbahn im Hirnschenkelfuß nahezu marklos, obwohl die ihm entsprechende Faserpartie im vorderen Schenkel der inneren Kapsel in ihrer ganzen Ausdehnung stark markhaltig ist. Der temporale und occipitale Hirnschenkelfußanteil verriet beiderseits an ziemlich symmetrischen Stellen markhaltige Faserfaszikel; die Markumhüllung im Querschnitt des Faserstranges erscheint nach Monakow ungleichmäßig und in variabler Weise.

Eine Markbildung im Tractus opticus ist weiter vorgerückt als im Stratum sagittale internum der Sehstrahlungen, aber weniger als im lateralen Stratum sagittale. Die Schleifenfaserung mit ihrer Endigung in den ventralen Sehhügelkernen ist völlig reif.

In der Substantia nigra sind Markfasern nur in geringem

Umfange vorhanden, auch die Ganglienzellen daselbst haben ihre volle Entwicklung noch nicht erreicht.

Die innere Kapsel beim $3^1/_2$monatigen Kinde ist wesentlich kleiner (mindestens um die Hälfte als beim Erwachsenen), verrät überall völlig ausgereifte Fasern, welche sich ebenso schwarz mit Hämatoxylin färben als die Hirnnerven und in höherem Grade als die Pyramiden des verlängerten Markes.

Die Haubenstrahlung, sowie die Kleinhirn-Sehhügelbündel, die Marklamellen des Sehhügels, die Linsenkernschlinge, das Vicq d'Azyrsche Bündel sind bereits markhaltig, wogegen die Fornixsäulen und ihre Endigung im Tuber cinereum noch völlig marklos sind.

Monakow trat der Ansicht Flechsigs entgegen, daß das untere Scheitelläppchen ein Assoziationszentrum ist, da er einen Stabkranz für dieses Gebiet nachzuweisen vermochte. Flechsig konnte dagegen bei einem 7monatigen Kinde keinen Stabkranz nachweisen. Auch tritt Monakow der Flechsigschen Ansicht entgegen, daß die Stabkranzfasern zuerst und vor den Assoziationsfasern markhaltig werden. Die Entwicklungsverhältnisse gestalten sich vielmehr so, daß die Projektions-, Balken- und Assoziationsfasern eines Markkegels sich in ziemlich unregelmäßiger Anordnung, partiell (nach und nach, indem nicht der ganze Faserinhalt eines Gyrus auf einmal reif wird), aber jede Faserart ziemlich gleichzeitig mit Mark umhüllen, und zwar in der Weise, daß gewöhnlich ein markhaltiger, ausgebreiteter Pinsel, in das Zentrum des Markkegels sich einsenkt, daneben aber auch noch um die Endteile der Sulci kleine Markleisten sich schlagen. Wahrscheinlich wird zunächst das Zentrum einer großen Zone markhaltig, dann schreitet die weitere Markentwicklung exzentrisch vor.

Die der Rinde der Windungen anliegende Substanz, welche für die Meynertschen Fibrae propriae bestimmt ist, bleibt längere Zeit noch marklos.

Andererseits unterliegt es nach Monakow keinem Zweifel, daß nicht eine der genannten drei Faserarten (Projektions-, Balken-, Assoziationsfasern) in ihrer ganzen Längsausdehnung ebensowenig wie in der Breitenausdehnung der Querschnitte gleichzeitig sich mit Mark umhüllt. Ebenso wie es A. Westphal bei der Entwicklung des Sehnerven beobachtet hat, nämlich, daß zentrale Abschnitte dieses Nerven markhaltig sein können, auch wenn die extracranielle Partie noch völlig marklos ist, ferner, daß einzelne Fasern im Zentrum

des Sehnervenquerschnittes voll entwickelt sich zeigen, mitten in der marklosen Umgebung; ebenso sieht man nach Monakow im Großhirnmark, daß ein funktionell zusammenhängendes Faserbündel in seinem kortikalen Anteil mit einer Markhülle versehen ist, in seinem peripheren aber noch nicht. Und umgekehrt kann man beobachten, daß manche Fortsetzung von Faserbündeln, die in der inneren Kapsel stark markhaltig sind, beim Übergang in den Stabkranz schwächere Markbildung zeigen, um weiter kortikalwärts ihr Mark zu verlieren. Nur so läßt es sich erklären, daß die Markumhüllung vieler Faserzüge in früher Entwicklungsstufe gerade zwischen der inneren Kapsel und dem Cortex schwach markhaltig oder marklos ist. Fimbria und Fornix, die Projektionsfasern sind, entbehren beim 3—4monatigen Kinde noch des Markes.

Siemerling untersuchte die Gehirne von Föten vom 8. und 9. Monate, von Neugeborenen und von Kindern im Alter von 47, 80, 104, 117, 201, 365 und 398 Tagen. Die erste Markbildung fand er in der hinteren Zentralwindung, dann im Parazentralläppchen, in der vorderen Zentralwindung, der medianen Fläche des Hinterhauptslappens, hauptsächlich in der Fissura calcarina, im hinteren Abschnitte der ersten Schläfenwindung mit den angrenzenden Querwindungen, einem kleinen Abschnitte im unteren Stirnhirn und im Gyrus hippocampi.

Die Markscheidenbildung in der Großhirnrinde beschränkt sich jedoch nach Siemerling nicht von vornherein auf ganz distinkte Stellen, an den genannten Regionen ist Markbildung nur hauptsächlich nachzuweisen. Beim Neugeborenen, wo diese Abschnitte dunkelschwarz gefärbt sind, ist auch im oberen Scheitellappen und im vorderen Stirnlappen eine Anlage von Markfasern sichtbar. Bei einem Kinde von 47 Tagen ist dieses Vorhandensein von Markfasern schon sehr markant. Wenn also auch einzelne Stellen des Gehirnes schneller und intensiver in der Markbildung vorangehen, so ist diese keineswegs auf ganz bestimmte Gebiete beschränkt. Die radiären Fasern zeigen im großen ganzen zuerst stärker Mark, es gelingt aber nicht eine Periode nachzuweisen, wo nur radiäre Fasern markhaltig sind, stets, wo diese vorhanden, waren auch der Oberfläche parallele Fasern mit Mark umhüllt. Die Insel macht davon keine Ausnahme. Die Markscheidenbildung schreitet an den Fasern, wo sie sich verfolgen läßt, vom Zentrum nach der Peripherie fort.

Nach Abschluß des 3. Monates fehlen schon an keiner Stelle der Großhirnrinde die markhaltigen Fasern. Die Deutung

dieser zuerst mit Mark sich umhüllenden Fasern als Projektionsfasern sei eine hypothetische, dieselben beschränken sich nicht auf bestimmte Hirnteile, sondern keine Stelle der Hirnrinde ist ohne Projektionsfasern.

## Unregelmässigkeiten in der Markentwicklung.

Flechsig zeigte, daß die Markentwicklung, die in der großen Mehrzahl der Individuen dieselbe Reihenfolge und dasselbe Tempo erkennen lassen, in einzelnen Fällen rascher oder langsamer als gewöhnlich sich abspielen kann, oder daß nur einzelne Bündel Besonderheiten zeigen. So fand Flechsig an dem Gehirne eines 2monatigen Kindes einen Markgehalt, der dem eines 4monatigen entspricht, bei einem 3monatigen Kinde fand er eine Verlangsamung der Markentwicklung derart, daß es nicht den Markgehalt eines Neugeborenen erreicht hatte. Bei dem letzteren Kinde bestand Syphilis.

Einen weiteren anormalen Entwicklungsgang in der Markreife fand Flechsig bei einem 5 Wochen alten reif geborenen Kinde, wo die Sehstrahlung keine Markscheiden erkennen ließ, während die Hörstrahlung, die sonst zeitlich nach der Sehstrahlung ihr Mark erhält, bereits zahlreiche, feine, markhaltige Fasern aufwies.

Bei einem 7 Wochen alten Kinde fand Flechsig die Hörstrahlung links viel stärker ausgeprägt als rechts. An der Taststrahlung und Sehstrahlung konnte Flechsig in keinem Falle Asymmetrien finden.

Bei einem 34 cm langen Fötus fand Flechsig bereits markhaltige Fasern in der Rinde des Uncus und in der Lamina perforata anterior, dicht am Beginn der Fossa Sylvii, während die Rinde der Zentralwindungen noch marklos war. Es war also hier die Riechsphäre früher entwickelt als die Körperfühlsphäre.

Jedes durch besondere Entwicklungszeit ausgezeichnete Rindenfeld kann auch unter besonderen Ernährungsbedingungen sich entwickeln, sei es, daß die Mutter, sei es, daß das Individuum vorübergehend erkrankt. Die marklosen Bezirke werden durch gewisse Einflüsse leichter und schwerer geschädigt als die markhaltigen, so daß sich die Folgen vielfach nur an ersteren zeigen.

So beobachtete Flechsig an einem Idiotengehirn, daß die Sinneszentren teils gut, teils mäßig gut entwickelt waren, während die Terminalgebiete völlig in eine zystische Masse umgewandelt erschienen. Umgekehrt können vielleicht besonders günstige Ernährungsverhältnisse zu einer gegebenen Zeit ein Rindenfeld in seiner Entwicklung besonders fördern und eine stärkere Ausbildung ermöglichen.

Abundo fand die Markentwicklung bei einem 5- und 6tägigen Kinde nur so weit fortgeschritten, wie bei einem 7monatigen Fötus und einmal fand er dieselbe bei einem 8tägigen Kinde viel fortgeschrittener als von einem 3- und 5monatigen Kinde.

Bei Kindern von 5 und 8 Tagen fand er einen deutlichen Markbeginn im mittleren Kleinhirnstiel, während in anderen von 19 und 44 Tagen nichts davon zu sehen war. Die Pyramidenbündel entwickeln sich verschieden, bei einem Kinde von 19 Tagen waren sie schon ziemlich markhaltig im Hirnschenkelfuß, in der Brücke und im verlängerten Mark, nicht aber im Rückenmark.

Für diese individuellen Entwicklungen und für diese Unregelmäßigkeiten in der Markscheidenbildung werden von Abundo hereditäre und erworbene Ursachen angenommen (Infektionen und Intoxikationen). Diese Ursachen müssen besonders die noch weniger ausgebildeten Teile betreffen. Sie können die Entwicklung aufhalten oder die Systeme widerstandsloser machen, und beim Erwachsenen wird bei Disposition die Störung eher an zuletzt entwickelten Teilen angreifen, als bei älteren.

Döllken fand ein Hundegehirn von 17 Tagen bezüglich der Markscheidenbildung weiter entwickelt, wie ein anderes von 20 Tagen und ein Katzengehirn von 15 Tagen weiter, wie ein anderes von 16 Tagen.

Abgesehen von diesen individuellen Schwankungen der Markreife, ist bei Beurteilung der Präparate aus der Markscheidenentwicklungszeit noch auf andere Punkte zu achten. Es müssen bei Herstellung der Präparate stets dieselben Lösungen des Härtungsmittels und der Farbstoffe verwendet werden und die Gehirne müssen dieselbe Zeit in der Härtungsflüssigkeit liegen. Außerdem ist bei der Weigert-Palschen Methode genau auf die Differenzierung zu achten, daß nicht zu viel und nicht zu wenig differenziert wird.

Bezüglich Verfolgung des Zusammenhanges einzelner Bündel mit der grauen Substanz steht die entwicklungsgeschichtliche Methode der experimentellen und auch der Methode des Studiums der sekundären Degenerationen nach.

Für die feinere Topographie der Bündel beim Menschen, für die Lösung dessen, was anatomisch möglich, resp. wahrscheinlich ist, leistet keine Methode so viel, wie die Methode des Studiums der Markscheidenbildung. Leider ist doch der Umstand, daß die verschiedenen Faserarten die theoretisch von vornherein angenommene Reihenfolge in ihrer Entwicklung so häufig nicht einhalten, und daß die Markumhüllung nicht auf der ganzen Linie einer Nervenfaser gleichzeitig erfolgt, für das Studium oft sehr störend (Monakow).

Meynert bezeichnete schon 1869 die Untersuchung der verschiedenzeitig entstehenden Markweiße als wichtige Aufgabe.

## Die Tangentialfasern der Grosshirnrinde.

Die Tangentialfasern der Großhirnrinde traten in den Vordergrund des Interesses, als Tuczek im Jahre 1882 und 1884 ihr Verschwinden besonders in den vorderen Hirnteilen als anatomischen Befund bei progressiver Paralyse bezeichnete und als Zacher 1886 ihr Verschwinden auch bei seniler Demenz, bei epileptischen Psychosen und schweren chronischen Geistesstörungen beobachtete.

Als Remak 1840 seine Einteilung des Rindengraues in zwei Schichten veröffentlichte, deren Grenzen durch Züge horizontal laufender weißer Nervenfasern gebildet wurden, machte er zugleich darauf aufmerksam, daß er bei Kindern diese Schichtung vermisse. Diesen Befund bestätigte Arndt 1868, indem er die Markscheiden der Rindenfasern, wie auch innerhalb des Markes beim Neugeborenen nur angedeutet fand, ja selbst beim 7—9jährigen Kinde noch für schwach entwickelt hielt.

Exner gab 1881, mit einer neuen Methode arbeitend, an, daß die Rinde des Neugeborenen keine Markfasern enthält. Tuczek fand 1883 dagegen schon vor dem 9. Fötalmonat im Parazentralläppchen und in den beiden Zentralwindungen in Mark und Rinde markhaltige Fasern. Bei einem ausgetragenen Neugeborenen fand Tuczek im Parazentralläppchen einzelne

tangentiale Fasern in den tiefsten Rindenschichten, bei einem 27 Tage alten Mädchen im Occipitallappen wenig radiäre Rindenfasern, keinen Vicq d'Azyrschen Streifen. Im Stirnlappen hatte dieses Kind noch keine Spur markhaltiger Fasern.

Fuchs untersuchte von 33 Gehirnen das obere Ende der hinteren Zentralwindung und fand beim Neugeborenen gleich Exner weder in der Rinde noch im Mark markhaltige Fasern vor. Die Tangentialfasern der peripheren Rindenschicht traten zuerst im 5. Lebensmonat auf, im 7. zeigten sich die Assoziationssysteme der tiefen Schichten, während in der zwischenliegenden Zone erst nach dem ersten Jahr Fasern zu sehen waren. Die Zunahme der Fasern an Zahl und Kaliber erreichte mit dem 7. oder 8. Jahre ihren Abschluß.

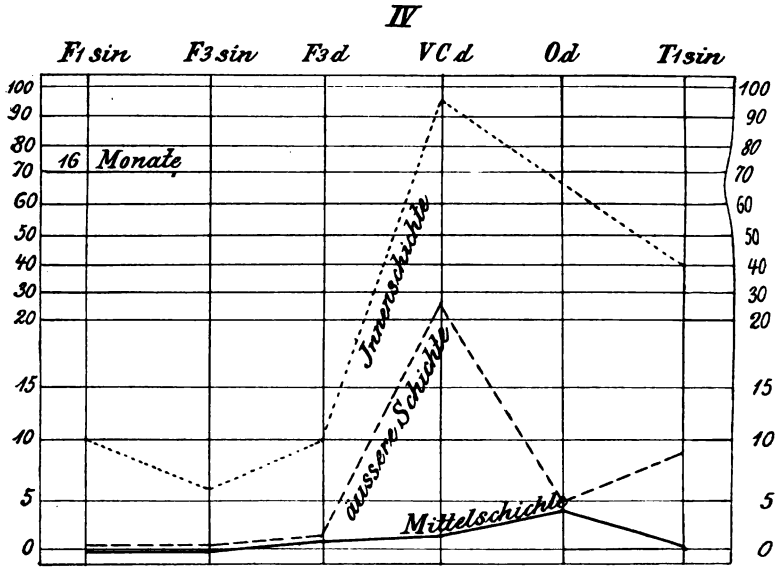
Edinger gab 1885 an, das Mark trete in den Zentralwindungen erst nach der Geburt auf, und Vignal verzeichnete 1886, daß die Nervenröhren der ersten Schicht gleichzeitig mit dem zentralen Markweiß entstehen.

Kostjurin fand im Alter die markhaltigen Rindenfasern durch fettigen Zerfall vermindert, der in geringgradigen Fällen sich auf die periphere Schicht beschränkt. Zu ähnlichen Resultaten gelangte Beljakow, der die gleichen Veränderungen der Dementia senilis zuschrieb.

Um die Frage nach der Entwicklung der Tangentialfasern und ihrer Ausbreitung zu beantworten, untersuchte Vulpius 22 Gehirne aus verschiedenem Lebensalter, aus der Fötalzeit bis ins Greisenalter von Individuen, die an keiner Hirnerkrankung zu Grunde gegangen waren. Er untersuchte bei diesen Gehirnen an kleinen 1—2 $cm^3$ großen Stücken nach Weigert die linke erste Stirnwindung, von welcher eine senkrecht über dem Balkenknie liegende, auf Konvexität und mediale Fläche übergreifende Partie ausgeschnitten wurde, und den an das Operculum anstoßenden Teil der Brocaschen Windung. An symmetrischer Stelle wurde die dritte rechte Stirnwindung exzidiert. Von der vorderen rechten Zentralwindung wurde ein an der Grenze zwischen ihrem oberen und mittleren Drittel gelegenes Stückchen verwendet. Ferner wurde die hinterste Spitze des rechten Occipitallappens und das vordere Ende der ersten linken Schläfenwindung verarbeitet. Das Alter der untersuchten Individuen war 32. und 34. Fötalwoche (je 1), Neugeborener (1), $4^1/_2$ Monate 1, 8 Monate 2, 11 Monate 1, 16 Monate 1, $1^3/_4$ Jahre 1, $2^1/_4$ Jahre 1, 3 Jahre 1, 7 Jahre 1, ferner

je 1 Hirn von einem Individuum mit 10, 16, 17, 33, 43, 52, 60, 70 und 79 Jahren.

Es zeigte sich, daß Schnitte aus verschieden alten Gehirnen große Unterschiede bezüglich des Tangentialfasergehaltes aufwiesen. Vulpius untersuchte durch direkte Zählung die Quantität der Fasern, es konnte aber vielfach eine deutliche Grenze zwischen Mark und innerer Rindenschicht nicht aufgefunden werden, so daß die Zählfelder etwas willkürlich gelegt werden mußten. War der Gennarische Streifen nicht vorhanden, so war auch die Grenze zwischen mittlerer und innerer Schicht




Kurve über den Markgehalt der Tangentialfasern der 3 Rindenschichten eines 16monatigen Kindes. Nach Vulpius, „Archiv f. Psychiatrie", Bd. 23.

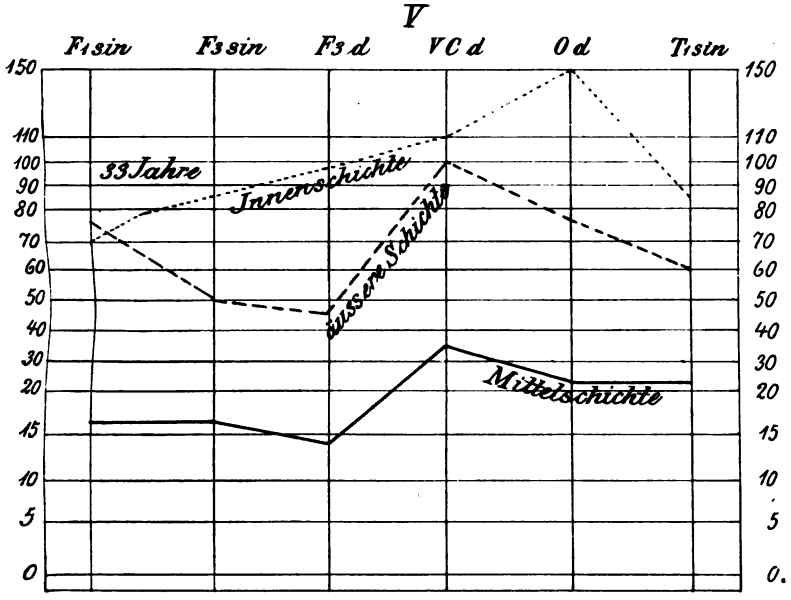
eine etwas unsichere, um so mehr noch, weil die innere Schicht mit den Jahren auf Kosten der mittleren sich verbreitert. Auch war das Zählen der Fasern durch ihre Feinheit, Menge, Kürze des sichtbaren Verlaufes oder blasse Färbung häufig sehr erschwert.

Mit Hilfe der erhaltenen Zahlenwerte hat Vulpius die nebenstehenden Kurven hergestellt, von denen die eine Reihe (Kurve VI—XI) ein Bild der Faserentwicklung in jedem der sechs verwendeten Windungsstücke gibt, wobei $F_1$ sin. die linke erste Stirnwindung, $F_3$ sin. die linke dritte Stirnwindung, $F_3$ dext. die rechte dritte Stirnwindung, VC. dext. die rechte vordere

Zentralwindung, O. dext. die hinterste Spitze des rechten Hinterhauptslappens und $T_1$ sin. das vordere Ende der ersten Stirnwindung bezeichnet; die andere Reihe der Kurven (Tafel IV und V) dagegen die sechs Rindenabschnitte je eines Gehirnes in Vergleich setzt.

Die Kurve der äußeren Rindenschicht unterscheidet sich durch Strichelung von der punktierten Innenschicht und der ausgezogenen Kurve der Mittelschicht der Rinde.

Vulpius (Fürstner) fand nun, daß der Neugeborene weder

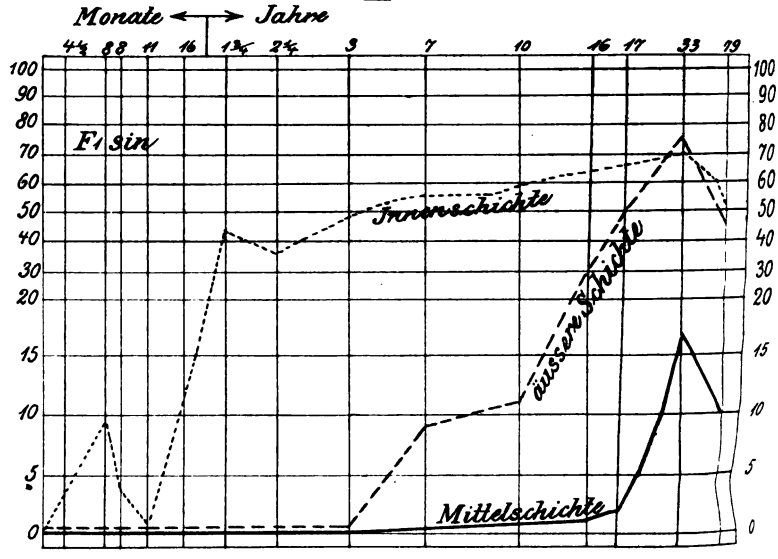



Kurve über den Markgehalt der 3 Tangentialfaserschichten einer 33jährigen Frau. Nach Vulpius, „Archiv f. Psychiatrie", Bd. 23.

im Mark noch in der Rinde markhaltige Fasern besitzt, mit Ausnahme der vorderen Zentralwindung, die im Mark Faserbündel zeigt. Flechsig fand dagegen bei einem im 7. Fötalmonat geborenen 48 Tage alt gewordenen Kinde, daß die hintere Zentralwindung weit mehr markhaltige Projektionsbündel enthält, als die vordere; es entspricht das nach Flechsig der gesetzmäßigen Tatsache, daß die hintere Zentralwindung früher markhaltig wird als die vordere.

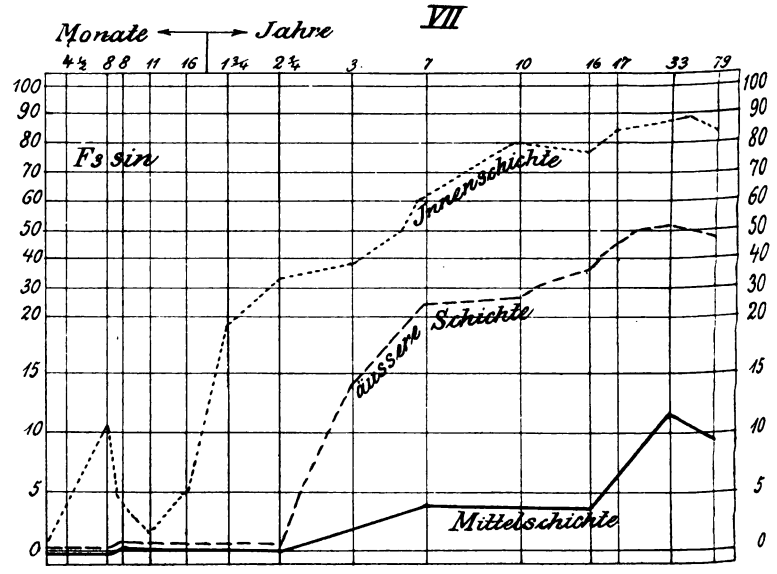
Die ersten Tangentialfasern treten nach Vulpius in der inneren und äußeren Schicht mit 4 Monaten, in der mittleren mit 8 Monaten auf, die mittlere Tangentialfaserschicht läßt

VI

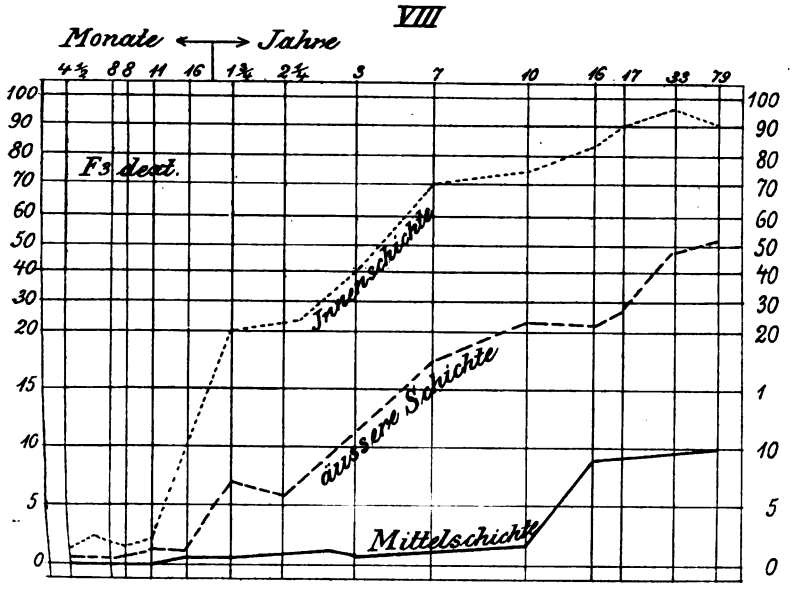



Kurve über den Markgehalt der 3 Tangentialfaserschichten der linken ersten Stirnwindung im verschiedenen Lebensalter. Nach Vulpius, „Archiv für Psychiatrie", Bd. 23.

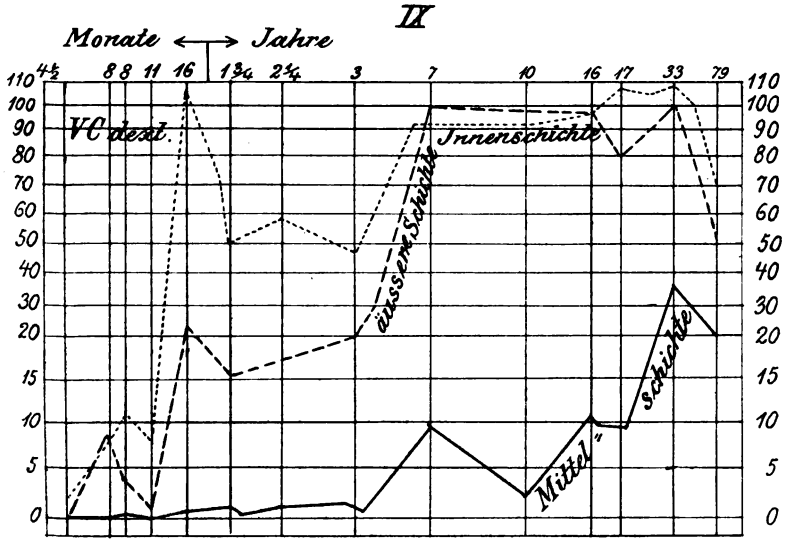
VII




Kurve über den Markgehalt der 3 Tangentialfaserschichten der linken dritten Stirnwindung im verschiedenen Lebensalter. Nach Vulpius, „Archiv für Psychiatrie", Bd. 23.



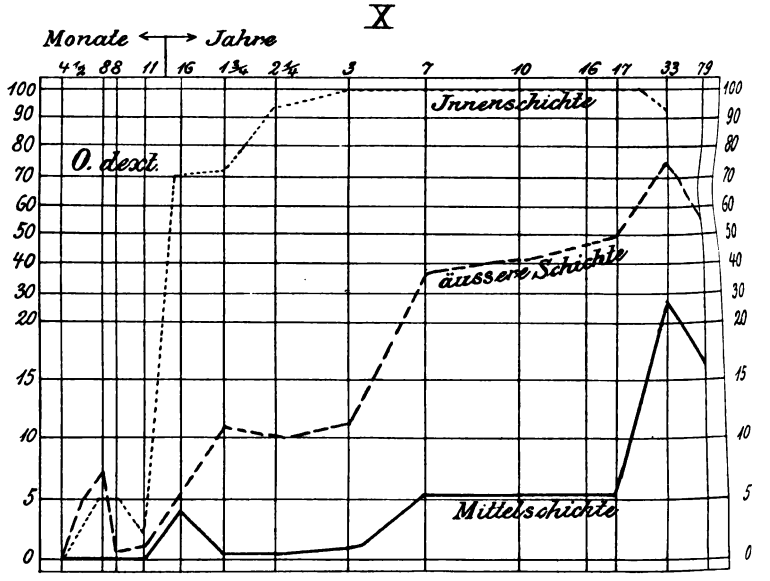

Kurve über den Markgehalt der 3 Tangentialfaserschichten der rechten dritten Stirnwindung im verschiedenen Lebensalter. Nach Vulpius, „Archiv für Psychiatrie", Bd. 23.




Kurve über den Markgehalt der 3 Tangentialschichten der rechten vorderen Zentralwindung im verschiedenen Lebensalter. Nach Vulpius, „Archiv für Psychiatrie", Bd. 23.

sich durch die Faserzahl und die Entwicklung unterscheiden. Die Entwicklung der Tangentialfasern ist in den verschiedenen Hirnregionen und in den einzelnen Schichten eine sehr verschiedene und ist mit dem 17. Jahre noch nicht in allen Hirnabschnitten beendet.

Die ersten tangentialen Rindenfasern zeigten sich bei dem 4monatigen Kinde unsicher in der inneren Schicht der ersten Stirnwindung, sicher aber spärlich in der dritten linken Stirnwindung, der rechten vorderen Zentralwindung, der rechten Hinterhauptswindung. Die ersten Fasern der äußeren Schicht



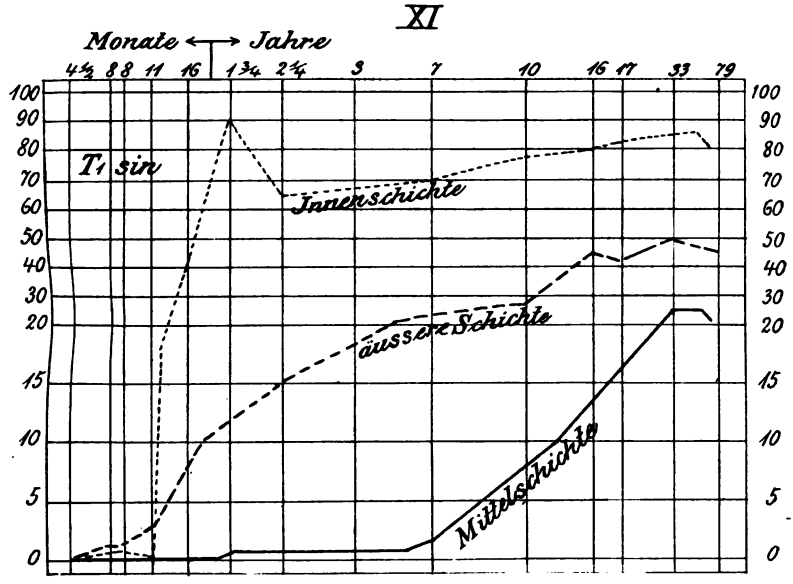

**Kurve über den Markgehalt der 3 Tangentialfaserschichten der rechten Hinterhauptswindung im verschiedenen Lebensalter. Nach Vulpius, „Archiv für Psychiatrie", Bd. 23.**

fanden sich in der vorderen Zentralwindung des 4monatigen Kindes. In der Mittelschicht traten sie ganz vereinzelt beim 8monatigen Kinde auf in allen Windungen, mit Ausnahme der rechten Hinterhauptswindung und der linken Schläfenwindung, wo sie erst mit 16 Monaten, resp. $1^3/_4$ Jahren zu sehen waren.

Die weitere Zunahme der Fasern ist in den verschiedenen Hirnregionen und innerhalb dieser in den einzelnen Schichten eine sehr wechselnde, wie aus den Kurven abzulesen ist. Im allgemeinen entwickeln sich nach Vulpius die Fasern der inneren Schicht zuerst und am raschesten; später und lang-

samer an Zahl zunehmend treten die Fasern der peripheren Schicht auf und bleiben mit Ausnahme der rechten vorderen Zentralwindung und der linken ersten Stirnwindung auch absolut an Menge hinter der inneren Lage zurück.

In der rechten vorderen Zentralwindung und in der linken ersten Stirnwindung steigen die beiden Kurven zu etwa gleicher Höhe empor. Zuletzt erscheinen die tangentialen Fasern der faserarmen Mittelschicht und mehren sich allmählich, ohne eine beträchtliche Anzahl zu erreichen.




**Kurve über den Markgehalt der 3 Tangentialfaserschichten der Hirnrinde der linken ersten Schläfewindung. Nach Vulpius, „Archiv f. Psychiatrie", Bd. 23.**

Die innere Schicht zeigt eine rasche Faserzunahme vom 11. Monat an, die durch eine vorhergehende Senkung der Kurve besonders auffällt. Schon mit 16 Monaten hat die Vermehrung in der vorderen rechten Zentralwindung und der rechten Hinterhauptswindung ihr Maximum erreicht, in der linken ersten Schläfenwindung mit $1^3/_4$ Jahren, in der linken ersten Stirnwindung mit 7 Jahren, in der linken dritten Stirnwindung mit 10 Jahren, in der rechten dritten Stirnwindung mit 17 Jahren.

Die äußere Schicht zeigt in verschiedenen Gegenden ein merkwürdig verschiedenes Verhalten. Während in der dritten linken Stirnwindung erst nach dem 2. Lebensjahre, in der

ersten linken Stirnwindung gar erst nach dem 3. Lebensjahre eine rege Vermehrung zu sehen ist, gibt sich dieselbe in der rechten vorderen Zentralwindung und der rechten Hinterhauptswindung schon mit 8 Monaten sehr wesentlich zu erkennen. Die äußere Schicht scheint in der linken ersten Stirnwindung noch mit 17 Jahren ihr Maximum nicht erreicht zu haben, dagegen ist sie in der rechten vorderen Zentralwindung schon mit 7 Jahren auf der Höhe angelangt und steigt von letzterem Alter an auch in anderen Windungen nicht mehr beträchtlich.

Im 7. Jahre beginnen die Fasern der Mittelschicht in der rechten vorderen Zentralwindung und rechten Hinterhauptswindung beträchtlich zuzunehmen, in der dritten rechten Stirnwindung mit dem 10., in der linken ersten und dritten Stirnwindung erst mit dem 17. Lebensjahre. Über das Verhalten der Faserzahl im hohen Alter war Vulpius aus dem geringen verwendeten Material keine sichere Erkenntnis möglich, doch sprachen einzelne Kurven für eine, wenn auch nicht sehr beträchtliche Abnahme.

In der Mehrzahl der Kurven erhielt Vulpius ein dem 11. Monat entsprechendes, in verschiedener Stärke ausgeprägtes Tal, da das betreffende Kind ein hochgradig atrophisches und rachitisches Kind war.

Den Gennarischen und Vicq d'Azyrschen Streifen fand Vulpius schon beim 4monatigen Kinde angedeutet, klarer mit 8 Monaten, indem die Rinde verschiedener Windungen von einem dunkeln, der Oberfläche parallelen Streifen durchzogen wird. Mit 11 Monaten ist diese Schicht in der rechten Hinterhauptswindung so scharf begrenzt, wie beim Erwachsenen, führt aber trotzdem nur überaus wenige Fasern, sondern verdankt ebenso wie die erwähnten Streifen anderer Regionen nach Vulpius u. a. ihre Entstehung einer intensiveren Gewebsfärbung und einem feinen Niederschlag von Farbstoff, der nach Kaes ein Kunstprodukt ist.

Erst mit 16 Monaten treten nach Vulpius in dem einwärts von der Rindenmitte liegenden Vicq d'Azyrschen Streifen schöne und zahlreiche Tangentialfasern auf, die von nun an stets vorhanden sind, wenn auch unter dem Mikroskop der Streifen durch die Menge von benachbarten Fasern seine deutlichen Grenzen verliert. Zur gleichen Zeit kann in der vorderen rechten Zentralwindung ein doppelter Gennarischer oder Baillargerscher Streifen gesehen werden. Ausgeprägte doppelte

Streifen konnte Vulpius weiterhin nur bei Erwachsenen beobachten.

Die höchste Faserzahl im Vicq d'Azyrschen Streifen fand Vulpius bei einer 33jährigen Frau.

Den Vicq d'Azyrschen Streifen fand Vulpius konstant, dagegen schien der einfache, wie der gedoppelte Baillargersche Streifen nicht gesetzmäßig vorhanden zu sein.

Was die Dicke der Tangentialfasern betrifft, so sind die zuerst auftretenden allerdings fein (Vulpius), aber schon mit 16 Monaten finden sich zahlreiche Fasern mit dem fast maximalen Kaliber von 3—3,5

Verbindet man entsprechende Punkte der sechs Entwicklungskurven, so erhält man die Kurven, welche einen Überblick über die Ausbreitung der Tangentialfasern in den verschiedenen Regionen gestatten. In der rechten vorderen Zentralwindung (VC. dext.) tritt zuerst eine Elevation auf und bleibt in den drei Schichten die mächtigste. In der vorderen Zentralwindung findet sich also die größte Anhäufung von tangentialen Fasern.

Beim Erwachsenen führt nur die innere Schicht der Hinterhauptswindung (O. dext.) mehr Tangentialfasern als die vordere Zentralwindung (VC. dext.). Im Reichtum an Tangentialfasern folgen dann ohne großen Unterschied die rechte dritte Stirnwindung ($F_3$ dext.), dann unter sich gleich die linke dritte Stirnwindung ($F_3$ sin.) und die erste linke Schläfenwindung ($T_1$ sin.), zuletzt die linke erste Stirnwindung ($F_1$ sin.).

Bezüglich der Mittelschicht zeigt die vordere Zentralwindung (VC. dext.) den größten, die dritte Stirnwindung ($F_3$ dext.) den niedrigsten Fasergehalt, dazwischen liegen die vier übrigen, unter sich wenig differierenden Gyri.

Die äußere Schicht ist ebenfalls in der vorderen Zentralwindung am stärksten, dann folgt O. dext., $F_1$ sin., $T_1$ sin., $F_3$ sin. und $F_3$ dext.

Dicke und feine Fasern in tangentialer Richtung finden sich in allen Windungen in verschiedener Mischung. Die vordere Zentralwindung (VC. dext.) zeichnet sich durch viele starke Fasern, die erste Stirnwindung ($F_1$ sin.) und die Hinterhauptswindung (O. dext.) durch vorwiegend feine Fasern aus.

Kaes bezeichnet allgemein das motorische Rindenfeld (Zentralwindungen und hinterer Teil der Stirnwindungen), den Schläfenlappen (hinten mehr als vorn) und den Hinterhauptslappen als diejenigen Bezirke, welche im 38. Lebensjahre in be-

zug auf ihren Fasergehalt am weitesten vorgeschritten sind, während im 18. Jahre der Schläfenlappen in seiner Faserentwicklung hinter den beiden anderen großen Regionen noch weit zurück ist. Im speziellen bezeichnet Kaes die Parazentralgegend als diejenige, welche die größte Menge mächtiger Fasern besitzt, während das Hinterhaupt in bezug auf die Anzahl der Fasern und die frühzeitige Entwicklung allen übrigen Rindenregionen vorauseilt. An der motorischen Zone ist die hintere Parazentralgegend in ihrer allgemeinen Entwicklung bereits im 18. Lebensjahre fast ebenso faserreich als im 38. Jahre. Als faserärmster Bezirk muß die ganze vordere Stirne auf der Konvexität bezeichnet werden.

Klinke fand die größte Zahl an Tangentialfasern in den Zentral- und Hinterhauptswindungen.

Flechsig fand bei Neugeborenen, daß die hier zuerst auftretenden Assoziationssysteme unterhalb der eigentlichen *Rinde* liegen, und daß innerhalb der Rinde selbst, der Oberfläche parallel laufende markhaltige Fasern erst später zahlreicher nachweisbar sind.

Monakow fand beim Kinde das Auswachsen neuer Windungskämme, indem von dem relativ breiten Windungskamm gewöhnlich in der Nähe des Überganges der Windung in die Furche ein schlingenförmiger Rindenfortsatz sich ausstülpt, der zuerst in seiner Faseranlage marklos bleibt. Nachdem nun in das Zentrum des Rückens der Grundwindung ein pinselförmiges Markbüschel hineingewachsen ist, zeigt sich ein seitlicher, schwach markhaltiger Fortsatz von dem genannten Büschel in der Richtung gegen die junge seitliche Rindenausstülpung. Die der Rinde zunächst liegenden Fibrae propriae Meynerts bleiben während längerer Zeit noch schmal und verraten nur spärliche Markfasern.

Während Vulpius die Kindergehirne von der Geburt bis zum 4. Lebensmonate nicht in seine Untersuchungen einbezog, schilderte Flechsig die Markbildung gerade in dieser Zeitstufe, wie wir es oben ausgeführt haben.

Righetti untersuchte die Markentwicklung in zwei Gehirnen von Neugeborenen, je 2 Gehirne von 2- und 3monatigen Kindern und 1 Gehirn von einem 3monatigen Kinde mittelst der Weigert-Palschen und Woltersschen Methode. Er kam zu ähnlichen Resultaten wie Flechsig. Nach Righetti findet man beim Neugeborenen Markfasern in der Rinde beider Zentralfasern und im Parazentralläppchen, im 2. Lebensmonate

findet man dazu Markfasern im Fuße und im Orbitalteile der drei Stirnwindungen, außerdem im Cuneus, Lobulus lingualis, in der ersten und zweiten Hinterhauptswindung, im Lobulus fusiformis, in der ersten Parietalwindung, im Gyrus Hippocampi und Cornu Ammonis, in der tiefen Schläfenwindung, der oberflächlichen ersten und zweiten Schläfenwindung und der Insel. Im 3. Lebensmonate erschienen die ersten Markfasern in den übrigen Teilen des Stirnlappens, Scheitel-Schläfenlappens, in welchen Teilen Markfasern innerhalb der Rinde noch nicht zu sehen sind.

Righetti fand gleich Flechsig, daß in den Windungen sich zuerst die Radialfasern entwickeln, mit Ausnahme der Insel, wo sich zuerst zur Oberfläche parallele Fasern bilden. Neben den Radiärfasern bilden sich bald kurze Fasern in verschiedener Richtung mit fortschreitender Entwicklung gegen die Rinde. Diese Fasern sind in der Rinde schon zu beobachten, bevor die subkortikalen Assoziationsfasern gebildet sind.

Die transversalen intrakortikalen Fasern umhüllen sich nach den subkortikalen mit Mark.

Die Tangentialfasern der tiefen Rindenschichten sind nach Righetti schon zur Zeit der Geburt im oberen Drittel der Zentralwindungen nachweisbar. Am Beginn des 2. Lebensmonates sieht man bereits Spuren in der Insel, und viele im Ammonshorn. Im 3. Monate findet man sie bereits reichlich in den Occipitalwindungen, welche die Fissura calcarina umgeben.

Die oberflächlichen Tangentialfasern finden sich zuerst im Ammonshorn und im Gyrus dentatus, wo diese Fasern im 2. Lebensmonate schon gut ausgebildet sind. Am Beginn des 3. Monates sind sie schon in der Insel gut entwickelt, und zu gleicher Zeit treten ihre ersten Anzeichen in den Zentralwindungen auf.

Die mittleren Tangentialfasern (zweite und dritte Meynertsche Schicht) sind nach Righetti bereits beim 3monatigen Kinde im Ammonshorn nachzuweisen. Bei einem einjährigen Kinde fand er einmal diese Fasern schon so entwickelt, wie beim Erwachsenen, und zwar in den zwei oberen Dritteln der Zentralwindungen, im Fuße der drei Stirnwindungen und im Cuneus.

Kaes konnte durch zahlreiche genaue Messungen bei einem 18- und 38jährigen Individuum nachweisen, daß die Hirnrinde noch weithin, bis in das 40. Lebensjahr und länger,

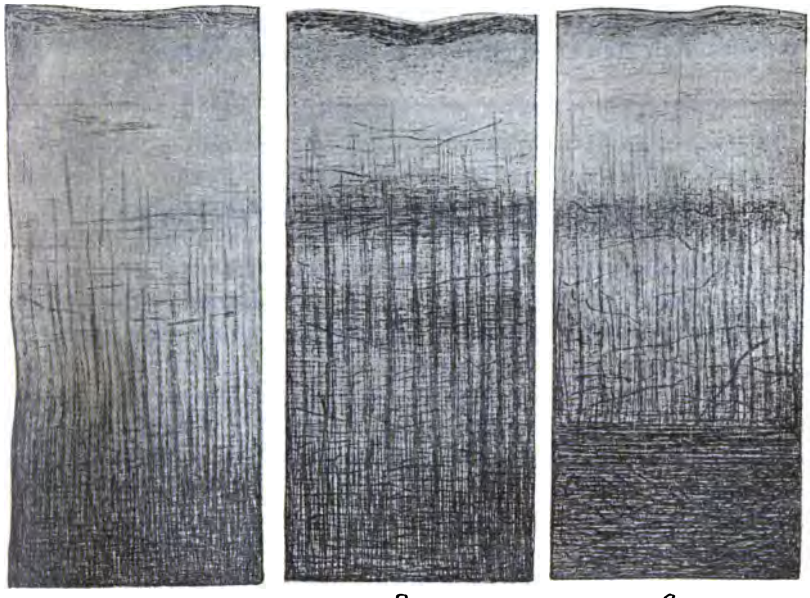
an Faserreichtum zunimmt. Ganz besonders kommen Faserzüge in Betracht, die innerhalb des basalen Abschnittes der Markstrahlen in zur Oberfläche paralleler Richtung einherziehen, Fibrae arcuatae intracorticales, und dann Faserzüge, welche, innerhalb des superradiären Flechtwerkes liegend, sich dicht an die Tangentialfaserschicht anschließen. Hier kommt es in einigen Rindenpartien noch sehr spät zur Markumscheidung, so daß allmählich ein sehr großer Teil der Rinde unter der Tangentialfaserschicht von feinen Fäserchen durchquert wird (Edinger).

Dazu gesellen sich nach Kaes noch dickere Markfasern, die man im Laufe der Jahre ganz allmählich aus den Schichten, welche dem Mark zunächst liegen, nach der Rindenoberfläche hin sich verbreiten sieht (Kaes-Bechterewscher Streifen).

Nach Edinger sind das, soweit man bisher sehen kann, alles neue Assoziationsbahnen oder doch solche, die, spät in Gebrauch genommen, sich mit Mark umkleiden. Vielleicht handelt es sich auch nur um Kollateralen, die mit der größeren Inanspruchnahme durch vermehrte Assoziationen erst nun ihre völlige Ausbildung bis zur Markscheidenumkleidung erhalten. Wir wissen, daß auch in anderen Geweben durch eine vermehrte Inanspruchnahme der Elemente Steigerung ihres Wachstums eintreten kann. Man kann sich wohl vorstellen, daß der Mensch sich durch cerebrale Arbeit neue Bahnen in diesem Sinne schafft, daß der vermehrten Leistungsfähigkeit, welche die Übung des Gehirnes schafft, als anatomisches Substrat die Neubildung oder Verstärkung vorhandener Bahnen enstpräche (Edinger). Auch Rudinger gab schon der Meinung Ausdruck, daß das Gehirn in seiner Entfaltung durch Erziehung und Unterricht in seiner Entfaltung individuell beeinflußt wird.

Kaes konnte in der zweiten und dritten Schicht (superradiäres Flechtwerk) eine Reihe von Entwicklungsstadien nachweisen, die etwa folgende Reihenfolge einhalten: Zunächst absolutes Fehlen jeder Faser oder nur einzelne zerstreute, äußerst zarte, kurze Fäserchen, dann gleichmäßiges Auftreten parallel angeordneter, zarter, kurzer, später längerer Fasern, erst nur in der inneren, dann auch in der äußeren Hälfte, diese Fasern drängen sich immer mehr zusammen, sie schichten sich, die Schichtung schreitet von innen nach außen vor, schließlich ist sie selbst am äußersten Rande der Schicht so ausgeprägt, daß die Fasern von den anliegenden zonalen Tangentialfasern keineswegs zu unterscheiden sind, so daß die

Grenzbezirke beider Schichten einen selbständigen Faserzug zu bilden scheinen; schon im Stadium der Schichtung, oft noch früher, treten meist in der Mitte und innen einzelne lange dickere Fasern auf, die sich zum Kaes-Bechterewschen Streifen formieren, der in solchen Rindenbezirken vorkommt, wo die Faserentwicklung in allen Schichten in hohem Grade aus-



*A* *B* *C*

Fig. 12.

*Drei* Schnitte durch die Rinde der vorderen Zentralwindung nach Kaes. *A* von einem $1^1/_4$ Jahre alten Kinde. *B* von einem 30jährigen Manne. *C* von einem Manne von 53 Jahren. Markscheidenfärbung. Kontrollpräparate haben gezeigt, daß die Differenzen wesentlich durch das Alter bedingt sind, doch kann die Möglichkeit, daß verschiedene Einübung des betreffenden Rindengebietes in etwas zur Differenz beiträgt, nicht von der Hand gewiesen werden. (Edingers Nervöse Zentralorgane, Leipzig 1900).

gebildet ist. Er stellt nach Kaes den Abschluß der Faserentwicklung in der zweiten und dritten Schicht dar.

Das hervorragendste Merkmal der äußeren Schicht (interradiäres Flechtwerk [Edinger], Innenschicht [Vulpius]), gegenüber der zweiten und dritten Schicht ist nach Kaes, daß schon frühzeitig die ganze Schichtbreite mit einer gleichmäßigen Faseranlage bedeckt wird, während die zweite und dritte Schicht (superradiäres Flechtwerk, Mittelschicht [Vulpius]) nur

sehr allmählich von innen nach außen mit Fasern erfüllt wird, so daß wir noch im 38. Lebensjahre fast faserlose Bezirke nachzuweisen imstande sind. Bei einer 93jährigen Frau fand Kaes die zonale Schicht in rapider regressiver Bildung begriffen, man findet wie beim Kinde nur Spuren, hier nur mehr Rudimente von Fasern.

Nach Kaes ist das selbständige Wachstum der zweiten und dritten Schicht eines der hervorragendsten Merkmale der Weiterentwicklung der Hirnrinde im reiferen Alter.

## Hemmung der Markscheidenentwicklung.

Sowohl die Ausbildung der Assoziations-, wie der Projektionsfaserung des Gehirnes kann in pathologischen Fällen in mannigfacher Weise gestört sein und hängt mit einer Störung des Rindengraues zusammen.

Tuczek war bereits 1882 in der Lage in 17 von ihm untersuchten Fällen von progressiver Paralyse einen mehr oder minder bedeutenden Schwund der markhaltigen Nervenfasern in bestimmten Abschnitten der Großhirnrinde, namentlich im Stirnhirn, nachzuweisen, und Zacher spricht das Vorkommen von Faserschwund in der Rinde nicht nur der Paralyse allein zu, sondern dehnt es auch noch auf eine Reihe anderer Psychosen aus.

Alzheimer vermochte in zwei Fällen von Epilepsie mit Blödsinn ebenfalls einen Ausfall von markhaltigen Fasern der Hirnrinde zu konstatieren. Die Tangentialfaserschicht war am stärksten betroffen, stellenweise bis zur völligen Vernichtung, dann folgte dem Grade nach das superradiäre Flechtwerk. Der Gennarische Streifen, das interradiäre Flechtwerk, die Radii und die Markleiste zeigten gleichfalls einen Faserausfall.

Bei Idioten und Imbecillen ist oft eine Entwicklungshemmung der Markbildung nachzuweisen. Die Basis aller anatomischen Veränderungen der Idiotengehirne ist die Abweichung von der normalen Entwicklung des Nervengewebes; man muß ihren Ursprung im embryonalen Leben suchen oder in den pathologischen Veränderungen, welche in der zartesten Kindheit entstehen und der Ausgangspunkt späterer Entwicklung von Abweichungen sind. Gewisse Teile des Hirngewebes

können eine wahre Entwicklungshemmung zeigen. Unter den Idiotengehirnen findet man solche, bei denen die Markbildung der Großhirnhemisphären sehr wenig entwickelt ist, während die graue Substanz der Rinde sich durch bedeutende Fülle auszeichnet. Diese Gehirne, welche den Mikrocephalen und Halbmikrocephalen angehören, haben oft die Anordnung von mikrogyrischen Windungen, aber sie können auch makrogyrische Windungen darbieten (Mierzejewsky, Heschl, Chiari, Otto, Matell, Marchand, Meine, Scarpaletti, Oppenheim, Bresler, Monakow, Probst).

Die Entwicklungshemmung der Markbildung kann im Idiotengehirne sehr stark sein, so daß das semiovale Zentrum sehr gering und die Ventrikel weit sind, wobei die Großhirnhemisphären in dünnwandige Blasen verwandelt sind. Die Dicke der Hemisphären erreichte in dem von Monakow beschriebenen Fall 15—3 mm, und in dem von Mierzejewsky beschriebenen 16—4 mm. In dem letzteren Falle nahm die graue Substanz die beiden Drittel der Hemisphärenwand und die weiße Marksubstanz nur ein Drittel ein.

Man sieht an diesen Fällen die geringe Entwicklung des Markes, die immer mit Mikrocephalie verbunden ist. In anderen Fällen ist die Markbildung nicht so vermindert und die Mikrocephalie kann fehlen.

In den histologisch genauer untersuchten Fällen (Matell, Meine, Monakow, Probst) fand man das Fehlen oder die ungenügende Entwicklung der intrakortikalen, transversalen Markfasern. Im Monakowschen Falle bestanden weder zonale Tangentialfasern, noch der Vicq d'Azyrsche Streifen; im Matellschen Falle waren die zonalen Tangentialfasern, die Baillargerschen und Vicq d'Azyrschen Streifen entwickelt; in den Meineschen Fällen bestanden keine tangentialen Streifen, aber die Baillargerschen und Vicq d'Azyrschen Streifen waren deutlich. In einem von mir beschriebenen Falle fand sich bei einem 3jährigen Mikrocephalen die Tangentialfaserung nur in der motorischen Zone, in der Sehsphäre und in der Riechrinde ausgebildet.

Was die kurzen und langen subkortikalen Assoziationsfasern betrifft, so verschwanden die meisten im Monakowschen und in dem von mir beschriebenen Falle; im Matellschen und im Meineschen Falle waren die kurzen Verbindungen ziemlich entwickelt, aber die langen Verbindungsbahnen fehlten völlig oder waren gering entwickelt.

Im Falle von Mierzejewsky waren die kleinen und großen Pyramidenzellen unregelmäßig gereiht, die Strahlenbündel waren sehr dünn, es waren zwar einige zonale Tangentialfasern ausgedrückt, aber es fanden sich weder superradiäre noch Baillargersche, noch Vicq d'Azyrsche Streifen, noch Meynertsche äußere Assoziationsfasern. Selbst die kurzen Verbindungsfasern der weißen Substanz, die U-förmigen Fasern, die in dem Meineschen und Matellschen Falle gut entwickelt waren, fehlten. Es fanden sich nur Rudimente des lateralen Sagittalmarkes des Hinterhauptslappens. Die Schicht der Neuroblasten zeigte sich mit kugel- und eiförmigen Zellen, mit dünnem Protoplasma und deutlichem Kern gefüllt, man fand in der weißen Substanz Heterotopie von Ganglienzellen, mit polymorpher und pyramidenförmiger Gestalt. Auch in der zonalen Rindenschicht fanden sich Ganglienzellen, ähnlich den großen Pyramidenzellen der dritten Schicht.

Die Radialfaserbündel waren im Monakowschen Falle ziemlich entwickelt, während sie im Matellschen Falle außerordentlich dünn waren, im Falle von Mierzejewsky waren sie sehr dünn bis zu 1 mm.

Diese Mikrocephalengehirne sind durch die Fülle der grauen Substanz und durch die ungenügende Entwicklung der weißen Substanz ausgezeichnet. Die graue Substanz kann dabei ihre charakteristische Schichtung zeigen, in anderen Fällen sind die Zellen geschrumpft, es herrscht keine Regelmäßigkeit in ihrer Anordnung und die Riesenzellen fehlen.

Die graue Hemisphärensubstanz kann in solchen Fällen eine Verwerfung ihrer Schichten zeigen, in der Tiefe der Rinde findet sich oft eine mächtige Zwischenschicht von Neuroblasten oder eine Schicht von unregelmäßig verteilten Ganglienelementen, ähnlich der vierten Schicht (Matell, Meine), die als Heterotopie der grauen Substanz aufgefaßt wurden.

Anton konnte in einem Falle von Mikrocephalie ausgedehnte Störungen im Auswachsen der Fasern, sowie in der Gliederung der grauen Substanz nachweisen. Außerdem konnte Anton in mehreren Fällen die Entwicklungshemmung der Pyramidenbahnen nachweisen.

Ähnlich wie Anton fand Mingazzini einen Mangel von markhaltigen Fasern, namentlich im Telencephalon bei einem Mikrocephalen. Die Markfasern im Strahlenkranz, die Markstrahlen, die supra- und infraradiären Geflechte waren nur in einigen Windungen gut entwickelt, in anderen waren sie

spärlich oder fehlten ganz. Die Entwicklungshemmung des Markes war, wie Mingazzini angibt, auf alle Terminalgebiete und einen Teil der Intermediärgebiete Flechsigs ausgedehnt: erste und zweite Stirnwindung, vorderes Drittel der Schläfenwindungen und Gyrus Hippocampi, orbitaler Teil der Stirnwindungen.

In dem von mir beschriebenen Falle konnte ebenfalls eine Entwicklungshemmung des Markes gefunden werden, ohne daß aber die graue Substanz im Überfluß vorhanden war. Tangentialfasern (innere, äußere und Mittelschicht) waren nur sehr spärlich in der Rinde der Zentralwindungen, im Cuneus und im Ammonshorn nachweisbar, in den anderen Windungen fehlten sie gänzlich, die Markstrahlen waren sehr gelichtet, der Gennarische Streifen fehlte, der Stabkranz war klein, das ganze Mark überall gleichmäßig zurückgeblieben; dabei bestand Makrogyrie.

Die Leistungsunfähigkeit des Zentralnervensystems der Idioten findet ihre Erklärung in gewissen Entwicklungsanomalien, die sich in der Struktur des Gehirnes wiedergeben.

Bei der Idiotie bleibt der größere Teil der Hirnrinde in einem Entwicklungsstadium stehen, das dem Embryonalstadium oder dem frühen Kindesalter in ihrer normalen Entwicklung entspricht, indem nur eine geringe Zahl Zellen eine höhere Entwicklung erreichte (Hamarberg, Monakow, Probst) oder auch dadurch, daß Zellen während des Wachstumes zerstört wurden. Ebenso wie die Hirnrindenzellen, ebenso ist auch die Faserentwicklung in einem gewissen Stadium in ihrer normalen Entwicklung gehemmt worden und verbleibt im großen ganzen auf dieser Stufe, so daß die Entwicklung nicht vollendet wurde.

Klinke untersuchte die Tangentialfasern in der Großhirnrinde bei Idioten und fand, daß allgemeine Ernährungsstörungen, wie sie bei Idioten beobachtet werden, die Entwicklung der Tangentialfasern hemmen. Die geringe Faserentwicklung in idiotischen Gehirnen entsprach in einzelnen Fällen der Altersstufe, in der das Gehirn durch den betreffenden Faktor geschädigt wurde. In anderen findet anscheinend ein Weitergang in der Faserentwicklung statt, der aber auch dann mehr oder weniger unter der Norm zurückbleibt. Am auffälligsten ist die geringe Markfaserentwicklung im Stirnlappen und im Schläfenlappen. Die geringste Faserentwick-

lung zeigen die äußeren Tangentialfasern von den verschiedenen Fasersystemen.

Ebenso fand Popoff bei Idioten den Markfasergehalt in der Rinde des Großhirnes vermindert.

Kaes berichtete über die Rindenverhältnisse des Gehirnes einer 25jährigen makrocephalen Zwergin (Gehirngewicht 1373), die ungefähr den Verhältnissen eines $1^3/_4$jährigen normalen Kindes glichen.

Die allgemeine Rindenbreite war den kindlichen Maßen ähnlich, die Markstrahlung blieb aber nicht hinter dem gleichaltrigen Erwachsenen zurück; die Ähnlichkeit mit den kindlichen Maßen resultierte daraus, daß zu der sehr breiten Radiärausstrahlung noch eine relativ breite zweite und dritte Schicht tritt, während beim Kinde der sehr breiten zweiten und dritten Schicht eine sehr kurze Radiärstrahlung gegenübersteht. Die zonalen Fasern waren auf kindlicher Stufe, *die* Meynertschen Bogenfasern entsprachen dem Entwicklungszustand eines $1^1/_4$jährigen Kindes, der Gennarische Streifen fand sich häufig, die Fasern der zweiten und dritten Schicht entsprachen dem 2jährigen Kinde.

Bei einem 2jährigen Mikrocephalen (Hirngewicht (200 g) fand Kaes zahlreiche inselförmige Marklücken, und die Pyramidenbahnen waren ohne Mark. Bei der fast totalen Hemmung der Entwicklung der Rindenfaserung erschienen jene Rindengegenden am wenigsten gehemmt, welche mit dem Riech- und Geschmacksapparat, also niederen Sinneszentren, in Beziehung stehen.

## Rindengrau.

Die Zellen der Hirnrinde gehören zu denjenigen Nervenelementen, welche sich am spätesten im Zentralnervensystem entwickeln.

Die Untersuchungen des menschlichen Embryo von His, deren Ergebnisse von Ramon y Cajal und Lenhossek bestätigt wurden, zeigen, daß die Nervenzellen Abkömmlinge der Neuroblasten sind, und diese wieder aus den Keimzellen entstehen. Die embryonalen Nervenzellen und die embryonalen Neurogliazellen sehen sich ganz gleich und entstehen nach

Vignal, Ramon y Cajal und Lenhossek aus denselben embryonalen Elementen.

Die Trennung in eine graue und weiße Substanz finden wir zuerst beim 3monatigen Fötus.

Beim $5^1/_2$monatigen Fötus können in der Rinde des Großhirnes (psychomotorische Zone) drei Lager unterschieden werden: Im ersten Lager Fibrillen und wenig Zellen, im zweiten Lager sehr viele runde Zellen, die in Reihen senkrecht zur Oberfläche des Gehirnes gestellt sind. In den tieferen Lagen werden diese Zellen weniger zahlreich und setzen sich in das dritte Lager fort, in dem sich Fibrillen befinden, die in einer homogenen Kittsubstanz liegen, außerdem finden sich hier einzelne zerstreute Kerne.

Dieses Lager ist die weiße Substanz. Im 7. Monat werden diese drei Lager dichter. Das erste Lager ist die erste Meynertsche Schicht und ist etwas dicker geworden, im zweiten Lager kann man drei Unterabteilungen unterscheiden. In der obersten Partie dieses zweiten Lagers, welche an die erste Meynertsche Schicht stößt, sind die Zellen weniger gedrängt als im 5. Fötalmonat und sind in Reihen senkrecht zur Oberfläche gestellt. In der unteren Partie des zweiten Lagers finden sich große Zellen mit hellem Kern und dunklem Protoplasma (dritte Meynertsche Schicht). Das Lager unterhalb zeigt die Zellen mehr getrennt und außerdem Fibrillen unbestimmter Richtung. Die Gefäße sind um diese Zeit sehr zahlreich geworden und dicker.

Die Zellen der Großhirnrinde entwickeln sich später als die Zellen im Rückenmark. Beim 7monatigen Embryo sind die Rindenzellen des Gehirnes etwa so ausgebildet als die Rückenmarkszellen im 4. Monat. Die Großhirnrindenzellen haben also eine Verspätung ihrer Entwicklung um 3 Monate. Ebenso ist das Großhirn auch bezüglich der Markbildung zurück, wie wir gesehen haben. Es erklärt sich dies physiologisch, da der Embryo vorläufig nur das Rückenmark für Reflexbewegungen braucht.

Vom 7. zum 8. Fötalmonat machen die Rindenzellen eine rapide Entwicklung durch, man kann im 8. Fötalmonat bereits vier Schichten unterscheiden, die erste ist die Körnerschicht Meynerts, die zweite die kleinen Pyramidenzellen, die dritte die großen Pyramidenzellen, die vierte und fünfte Meynertsche Schicht ist noch in einer Schicht vereinigt. Diese vier Schichten sind aber noch wenig getrennt, die Zellen sind noch

in Entwicklung begriffen, die embryonalen Nerven- und Neurogliazellen sind noch schwer unterscheidbar.

Die erste Schicht Meynerts ist bereits gut abgegrenzt von der zweiten, welche an dieser Grenze eine große Zahl dicht gestellter Zellen zeigt. Die größere Mehrzahl dieser sind Neurogliazellen, in der Mitte dieser sieht man einige kleine Pyramidenzellen. In der tieferen Schicht dieses zweiten Lagers werden die Nervenzellen weniger zahlreich.

Die Grenze zwischen zweiter und dritter Schicht ist schwer zu ziehen, und nur mit Hilfe der großen Zellen der dritten Lage möglich.

Die vierte Schicht grenzt sich leicht von der dritten durch die großen Zellen der dritten Schicht ab. Die vierte Schicht enthält wenig Zellen, besonders Nervenzellen, die kaum sichtbar sind.

Die Zellen stehen im 8. Fötalmonate kaum mehr *in zur* Oberfläche senkrechten Reihen, wie in den früheren Monaten. Die marklosen Fasern sind kaum sichtbar. Man findet wenig Embryonalzellen, fast alle Zellen können in zwei Gruppen zerfallen, mehr oder minder entwickelte Nervenzellen und Neurogliazellen. Am meisten sehen unter den Nervenzellen die großen Pyramidenzellen dem erwachsenen Stadium ähnlich. Die kleinen Pyramidenzellen sind meist noch weniger entwickelt als die großen. Außerdem finden sich unregelmäßige Zellen (vierte und fünfte Schicht) und Embryonalzellen.

Vignal gibt an, daß im 8. und 9. Fötalmonat die Zellen der zweiten und dritten Schicht bereits differenziert sind, und daß sich dann keine neuen Elemente (Nervenzellen und Neurogliazellen) mehr bilden und die schon bestehenden Zellen nur mehr größer werden und ihre innere Struktur ausbilden. Die Zellen gleichen durch ihre Form den erwachsenen, aber ihre Struktur ist noch verschieden, das Protoplasma ist wenig ausgeprägt, fein gekörnt und noch nicht gestreift und so dicht wie beim Erwachsenen.

Beim Neugeborenen sind bereits die fünf Schichten gut zu sehen. Die erste Meynertsche Schicht entwickelt sich im 9. und 10. Monat enorm. Die Schichtung und die Zellen zeigen nach Vignal bereits das Bild der Hirnrinde des Erwachsenen, nur fehlen noch die Bogenfasern. Die Elemente der Rinde liegen beim Neugeborenen nicht mehr so dicht wie in den letzten Fötalmonaten, und man kann gut die kleinen und großen Pyramidenzellen voneinander unterscheiden.

Nach Arborio lassen sich aber manche Unterschiede zwischen den Ganglienzellen der Großhirnrinde des Neugeborenen und des Erwachsenen nicht nur bezüglich der Größe und inneren Struktur, sondern auch bezüglich des Typus der Zellelemente, der Zahl und Anordnung derselben feststellen.

Boll, Magini, Thomas, Betz studierten die Zellveränderungen der Großhirnrinde im embryonalen Leben.

Lubinoff und Besser studierten die Hirnrinde von Neugeborenen und fanden, daß das ganze Gehirn zur Zeit der Geburt aus Neurogliazellen besteht, von denen einige sich durch besondere Entwicklung differenzieren. Lemoine, Betz, Magalhaes und Lemos, Fuchs, Debierre u. a. konnten bereits Pyramidenzellen in der Rinde des Neugeborenen nachweisen.

Arborio untersuchte die Hirnrinde von neugeborenen Kindern von 3, 4, 10 und 15 Tagen, ferner von Kindern von $4^1/_2$ bis 5 Monaten und solche von 1 Jahre. Bei allen diesen Gehirnen untersuchte er die vordere Zentralwindung und die erste Stirnwindung nach der Methode von Paladino, Golgi und Weigert, ferner mit Karmin und Doppelfärbungen. Bezüglich der Zahl der Rindenschichten folgte er der Einteilung Golgis in drei Schichten: 1. äußere oder molekuläre, 2. mittlere oder Pyramidenschicht, 3. innere oder polymorphe Schicht.

Arborio wählte die Gehirne von Neugeborenen, vom 4- bis 5monatigen Kinde und vom 1jährigen Kinde, weil in dieser Zeit nach den spekulativen Beobachtungen von Preyer wichtige Lebensepochen repräsentiert werden, die ihre anatomische Grundlage in den verschiedenen Entwicklungsstadien der Ganglienzellen der Großhirnrinde haben.

Beim neugeborenen Kinde besteht noch keine Perzeption der Objekte, das Kind erkennt nicht die Eltern und ist willenlos.

Beim 4—5monatigen Kinde beginnt sich der Wille zu zeigen, es erkennt seine Eltern und unterscheidet sie von fremden Personen, es erfolgen Greifbewegungen, die schon auf komplizierten psychischen Prozessen beruhen. Die erste gewollte Greifbewegung nach einem Objekte beobachtete Sigmund bei einem 19 Wochen alten Kinde.

Beim 1jährigen Kinde erfolgen schon ganz klare Willensbewegungen, die ersten Gehversuche und Nachahmungsversuche, welche auf die sich entwickelnde Psyche hinweisen. Das Kind lächelt, und sein Leben ist nicht mehr ein bloßer Reflexakt, wie in den ersten Monaten, und erscheint intelligenter. Das Kind besitzt schon viele Gedanken, produziert einzelne

Silben, die einen Wunsch oder Freude ausdrücken können. Das Kind versteht bereits die Bedeutung vieler Worte.

Arborio fand nun entsprechend diesen wichtigen biologischen Phasen verschiedene histologische Differenzen im Rindengrau, die sich durch die Form, die Größe und Verteilungen der Rindenzellenelemente ausdrücken.

In der Gehirnrinde der neugeborenen Menschen ist die Struktur noch embryonal, es herrscht ein großer Reichtum an kleinen Zellenelementen, an Neuroglia und an Gefäßen vor. Charakteristisch ist der große Überfluß an kettenartigen und rosenkranzartigen Elementen, die sich an einem Faden hinziehen. Diese Anschwellungen und varikösen Bildungen sind äußerst spärlich in den Gehirnen von 1jährigen Kindern, dagegen relativ häufiger beim 5monatigen Kinde und sehr zahlreich beim Neugeborenen. Sie sind nach Magini und Arborio als Zellen, die in der Entwicklung begriffen sind, aufzufassen.

Im Gehirne des Neugeborenen kann man bereits Pyramidenzellen, allerdings in spärlicher Zahl, nachweisen, die sich aber noch sehr von dem Typus der erwachsenen Pyramidenzelle unterscheiden.

In der Hirnrinde von 5monatigen Kindern zeigen die Pyramidenzellen eine birnenförmige, kugelige Gestalt, welche der eigentlichen Pyramidenform in der Entwicklung vorangeht; es finden sich noch viele spindelförmige, ovoide und auch rundliche noch in der Entwicklung begriffene Elemente vor. Man findet viele Anastomosen und kettenförmige Elemente.

Die Pyramidenzellen sind noch wenig zahlreich und finden sich nicht an allen Punkten. Ein deutliches Lager von Pyramidenzellen findet man im obersten Teile der vorderen Zentralwindung, entsprechend dem Parazentralläppchen. Die Fortsätze dieser Pyramidenzellen sind oft zickzack und zeigen sich oft knotig.

In der Rinde von Gehirnen 1jähriger Kinder sind die Schichten der Zellen sehr deutlich ausgeprägt. In der oberflächlichen Schicht finden sich spezielle Nervenzellen, von denen einige mehrere Achsencylinder haben. Im 2. Lager finden sich die Pyramidenzellen, von denen sich viele noch von dem erwachsenen Typus unterscheiden und die zahlreiche Fortsätze haben, von denen manche zickzack verlaufen, und die spärliche Nodositäten aufweisen. Zugleich mit den Pyramidenzellen finden sich viele andere, noch nicht gut entwickelte birnför-

mige, spindelförmige und rundliche Elemente. In der dritten tiefen Schicht finden sich kleine und vielgestaltige Zellen.

Beim Kinde finden sich die Zellen in der ersten Stirnwindung weniger entwickelt als in der vorderen Zentralwindung, es finden sich hier kleinere und einfachere Zellen vor, die Pyramidenzellen sind im allgemeinen hier spärlicher.

Die Neuroglia und die Gefäße sind in der Rinde der Kindergehirne äußerst reichlich, gleichwohl sind die Gliazellen noch nicht alle völlig differenziert, außerdem finden sich viele lymphoide Zellen.

Bei den Neugeborenen von Säugetieren ist die Struktur des Gehirnes besser entwickelt als beim neugeborenen Menschen.

An Nisslschen Präparaten vom neugeborenen Hund sieht man die Zellen aller Schichten der Rinde äußerst gedrängt stehend; die Mehrzahl der Zellen hat eine kugelrunde Gestalt. Der Zellleib ist fast gleichmäßig hellblau gefärbt, in der Mitte kann man ein bis zwei tiefschwarze Kernkörperchen erkennen, während von einem Kern jede Spur fehlt. Gleichzeitig sieht man oft im selben Gesichtsfelde schon mehr entwickelte Zellen; dieselben haben mehr das Aussehen eines Dreieckes, der Zellleib ist nicht gleichmäßig gefärbt, sondern enthält mehrere dunklere Flecke, und im Zentrum befindet sich der sehr schwach blaugefärbte Kern mit ein bis zwei schwarzen Kernkörperchen.

Schon bei Tieren im Alter von zwei bis drei Tagen steigt die Zahl dieser Zellen. Beim 10tägigen Hunde haben sie schon die Gestalt der Pyramidenzellen, der Zellleib besteht aus einzeln blau gefärbten Schollen, der Kern ist sehr deutlich sichtbar.

Schließlich ist das Bild der von einem 1monatigen Hunde nach Nissl behandelten Hirnrinde vollkommen identisch mit dem vom erwachsenen Hunde.

Auf Silberpräparaten von neugeborenen Tieren sieht man außer kleinen runden Zellen, die schon der Form nach den Pyramidenzellen gleichen und mit Fortsätzen versehen sind, wobei man bei vielen Zellen sehr deutlich einen Achsencylinder unterscheiden kann (Bary).

Die Ausbildung der anatomischen Elemente geht mit der Ausbildung der Funktion einher.

Über Kernteilungen im sich entwickelnden Nervensystem berichten His, Altmann, Peitzner, Uthoff, Räuber, Merk, Koganei, Vignal. Buchholz hat Gehirn und Rückenmark von neu-

geborenen und wenig Tage alten Kaninchen und Hunden untersucht und in den denselben eine wechselnde Menge von Karyokinesen in Nerven- und Gliazellen nachweisen können. Viele Karyokinesen fanden sich im zentralen Höhlengrau und in der Großhirnrinde und in den großen Ganglien. Die Karyokinesen konnten aber nur immer in Entwicklung begriffenen Zellen gefunden werden, in vollentwickelten Ganglienzellen konnte Buchholz nie Karyokinesen finden. Im allgemeinen steht die Häufigkeit des Vorkommens der Karyokinesen im umgekehrten Verhältnisse zum Alter der einzelnen Individuen.

Neubildung von Ganglienzellen in normalen erwachsenen Gehirnen konnte bisher niemand mit Sicherheit beobachten. Die Untersuchungsresultate von Schiller weisen darauf hin, daß schon nach Abschluß der fötalen Periode neue Nervenzellen in den motorischen Nervenkernen nicht mehr gebildet werden, und daß die weitere Entwicklung des zentralen Nervensystems wahrscheinlich darin besteht, daß die vorhandenen nervösen Elemente reifer, größer, formreicher werden, daß sie weiter auswachsen, sowohl hinsichtlich der protoplasmatischen, als namentlich ihrer nervösen Fortsätze.

Cajal untersuchte die Hirnrinde von 15, 20 und 30 Tage alten Kindern nach Weigert, Golgi und Nissl, und beschrieb den Bau der Rinde des Cuneus, ohne aber die Unterschiede vom erwachsenen Menschen näher zu kennzeichnen.

Fragnito fand, daß für die embryologische Bildung der Nervenzellen dieselbe chronologische Reihenfolge gilt, die Flechsig für die Entwicklung der Faserzüge aufgestellt hat. Bei Hundeembryonen ist die Bildung der Ganglienzellen des Hinterhauptslappens und des Hippocampus schon weit fortgeschritten, während in den frontalen Abschnitten nur erst einfache Kerne vorhanden sind.

Soukhanoff untersuchte mit der Golgischen Methode die Hirnrinde von neugeborenen Kaninchen und Katzen und fand bei diesen die Hirnrindenzellen im embryonalen Zustande mit varikösen Dendriten und wenigen Seitenästen. Beim Meerschweinchen dagegen unterscheidet sich die Hirnrinde des neugeborenen wenig von der des erwachsenen Tieres. Es ist also bei dem Meerschweinchen nicht nur die Markbildung, sondern auch das Rindengrau besser entwickelt als bei anderen Tieren. Bei einigen Vögeln findet sich die Hirnrinde des Neugeborenen im embryonalen, bei anderen im bereits entwickelten Zustande.

Das Pigment der Ganglienzellen findet sich in den verschiedenen Örtlichkeiten nicht gleichzeitig.

Zuerst etwa um das Ende des 1. Lebensjahres findet sich das dunkelbraune Pigment des Locus coeruleus, zwischen dem 3. und 4. Jahre das ebenfalls dunkle Pigment in der Substantia nigra und im Vaguskerne. Dieses dunkle Pigment, das in den zentralen Nervenzellen dem Menschen allein zukommt, nimmt rasch zu, um etwa von der Zeit der Pubertät angefangen, ziemlich konstant zu bleiben (Obersteiner).

Anders verhält sich das hellgelbe Pigment. Es macht sich bei den meisten Färbungen etwa mit dem 6. Lebensjahre in den Spinalganglien, mit dem 8. im Rückenmark, und vielleicht erst gegen das 20. Jahr in der Großhirnrinde bemerkbar; es erreicht nie sein Wachstumsmaximum, sondern nimmt stetig zu in dem Maße, als sich das Individuum dem Greisenalter nähert. Behandelt man die Zellpräparate mit Osmiumsäure, so sieht man, daß bereits bevor sich das Pigment sonst, wie oben hervorgehoben wurde, bemerkbar macht, feine Fettkörnchen in den Zellen auftreten; jedenfalls erscheinen diese in den größeren Nervenzellen der Hirnrinde schon zu Beginn des 2. Dezenniums (Obersteiner).

## Funktion und Markbildung.

Wir haben oben gesehen, daß sich das Gehirn und Rückenmark des Fötus, des Neugeborenen und des heranwachsenden Kindes nach bestimmten Gesetzen gewisse Faserzüge sukzessive zu verschiedenen Zeiten mit Mark umgeben, und so entwicklungsgeschichtlich ihre funktionelle und histologische Entwicklung zu erkennen geben. Die Myelinscheide erscheint 3—4 Monate nach der Entwicklung des Achsencylinderfortsatzes. Ein durch die Golgische Chromsilbermethode im 9. Fötalmonat nachweisbares Bündel Achsencylinder würde z. B. nicht vor dem 3. Monat oder noch später eine Markscheide erhalten.

Die Rückenmarksbahnen und die in Schaltstationen zur Großhirnrinde führende sensible Bahn sind zur Zeit der Geburt bereits markhaltig und schon zur Fötalzeit im Uterus geübt worden, indem sie verschiedene Eindrücke von Reizen

zentral weiterleiteten, die durch die Berührungen der fötalen Hautdecken mit den Wandungen der Gebärmutter zustande kamen und die reflektorischen Bewegungen des Fötus von dem Zeitpunkte an, wo die Kindesbewegungen auftreten, zustande brachten. Diese Bewegungen führen Spannungsänderungen in den Muskeln, den Sehnen und Hautdecken herbei und rufen so kinästhetische Eindrücke hervor. Die Bahnen, welche für diese Reize und Bewegungen nötig sind, umhüllen sich zuerst mit Mark. So sind beim Neugeborenen nur die niederen Zentren, das Rückenmark, das verlängerte Mark, die Brücke, die Vierhügel und gewisse Rindengebiete markhaltig. Die jetzt markhaltigen Rindengebiete liegen rund um die primären Furchen und entsprechen dem Mittelpunkte der Sinneszentren, so liegt die Stelle für die Berührungs- und Bewegungsempfindung rings um die Fissura Rolandica (Fig. 5, No. 1); Geruch, Geschmack und Gehör (Fig. 5, No. 7) sind um die Sylvische Spalte angeordnet, und das Gesicht ist der Fissura calcarina zugewiesen (Fig. 6, No. 5).

Wie die Ausbildung der Funktion und der anatomischen Entwicklung Hand in Hand gehen, das zeigen verschiedene Untersuchungen von Flechsig, Held und Ambronn und Berger.

So fand Flechsig im Nervus opticus eines im 8. Monate geborenen Kindes im 9. Monate viel ausgesprochenere Markentwicklung als beim rechtzeitig geborenen Kinde. Ähnliches konstatierte Flechsig in mehrfachen Fällen. Allerdings müssen wir hier, wenn wir auf die raschere Markreifung infolge der Funktion hinweisen, auch auf die in einem früheren Kapitel erwähnten individuellen Unregelmäßigkeiten in der Markbildung Rücksicht nehmen.

Wie die Funktion die Markbildung beschleunigt, lehren auch die interessanten Versuche Helds an blindgeborenen Katzen, Hunden und Kaninchen. In ein Auge wurde durch Öffnen des Lides für verschieden lange Zeit Licht einfallen gelassen, während das andere Auge geschlossen blieb. Dadurch fand sich auf der Seite des dem Lichte ausgesetzten Auges eine deutlichere Markbildung des Sehnerven. Ein beständig im Dunkel gehaltenes Kontrolltier, von dem ebenfalls ein Auge geöffnet blieb, zeigte keinen Unterschied in der Markbildung. Die Übertragung des Lichtreizes längs des Sehnerven beschleunigt also den Markprozeß.

Trotzdem gibt es aber auch eine selbständige Markbildung im Nerven, denn auch ein im Dunkel gehaltener Hund zeigte

nach 8 Tagen eine Markentwicklung des Sehnerven. Das beweisen auch die Beobachtungen von Blindgeborenen, welche eine Markbildung zeigen, und deren Sehnervensystem nach entsprechender Operation zu funktionieren beginnen kann. Zur Zeit der Operation fehlen in solchen Fällen allerdings alle optischen Vorstellungen (Raehlmann).

Nach Ambronn und Held scheint das Nervenmark für die funktionelle Leistung von Nervenbahnen notwendig zu sein, wenigstens bei den Tieren, welche ein mit Markscheiden ausgestattetes Nervensystem besitzen, wobei noch die Frage offen ist, wieweit nach unten zu in der Tierreihe überhaupt marklose Nervensysteme vorkommen.

Wie wichtig das Nervenmark ist, geht einerseits aus pathologischen Fällen hervor, bei denen Veränderungen der Markscheiden und Schwund derselben tiefe Funktionsstörungen im Nervensystem hervorrufen, andererseits aus der Entwicklungsweise und Markbildung des Gehirnes. Diese Parallele zwischen Gehirnentwicklung und Markreifung deutet in evidenter Weise darauf hin, daß irgendwelcher tieferer Zusammenhang zwischen Funktionsfähigkeit und Markhaltigkeit einer Nervenbahn bestehen muß (Held und Ambronn). Allerdings darf hier nicht vergessen werden, daß auch die Ganglienzellen eine sukzessive Reife eingehen, die Ganglienzellen des Rückenmarkes zuerst und ganz zum Schluß erst die Ganglienzellen der Hirnrinde reif werden und die Ganglienzellen zuerst in gewissen Gruppen reif werden.

Held und Ambronn glauben die Regel aussprechen zu dürfen, wenn man die Markbildung innerhalb eines Nervensystems überblickt, daß die spezifische Funktionstätigkeit einer Nervenfaser, wenigstens bei höheren Tieren, erst dann beginnt, wenn ihr Achsencylinder von einer normal entwickelten Markscheide umgeben ist. Wenn diese Anschauung richtig ist, wäre man berechtigt, aus dem Vorhandensein oder Fehlen der Markscheide einen Rückschluß auf die bestehende oder noch nicht vorhandene, resp. verloren gegangene Funktionstätigkeit zu machen.

Die Resultate von Held und Ambronn sprechen für die schon von Wagner vermutete Bedeutung der Markscheide als Isolator; die isolierende Eigenschaft der Markscheide suchte Wagner in dem Fettreichtum des Nervenmarkes. Ambronn und Held nehmen nun diese Ansicht über die Bedeutung des Nervenmarkes als Isolator auf Grund ihrer histologischen

Befunde auf. Auch Ranvier macht auf die Möglichkeit aufmerksam, daß der Markscheide die Rolle eines Isolators für die einzelnen Nervenfasern zukommt, wofür auch der Umstand spräche, daß die Nerven des elektrischen Organes des Zitterrochens keine marklosen Fasern besitzen. Bezüglich der Frage, wie diese Isolation zu denken ist, kommen hier erstens die isolierte Fortleitung elektrischer Ströme im Achsencylinder, und zweitens der Schutz gegenüber osmotischen Störungen in Betracht, die in der Querrichtung auf den Achsencylinder einwirken können.

Aus den Versuchen von Hermann geht hervor, daß die elektrische Leitfähigkeit in der Längsrichtung markhaltiger Nervenfasern bedeutend besser ist, als in der Querrichtung. Hermann fand am frischen peripheren Nerven das Verhältnis von Längs- zu Querwiderstand gegenüber elektrischen Strömen wie 1:5, und führte diese Erscheinung auf innere Polarisation zurück. Nach Held und Ambronn könnte hier auch ein durch die Markscheide verursachter Widerstand eine Rolle spielen.

Da nun ferner die allgemeinen Anordnungen von Leitungsbahnen zwischen peripheren Sinnesapparaten und zentralen Gehirnteilen die sind, daß die Endverzweigungen von Achsencylindern sensibler Nerven in peripheren Sinnesapparaten marklos sind, so erscheinen diese an solchen Stellen gegen äußere Einwirkungen ungeschützt und somit befähigt, Reize aufzunehmen.

Die Fasern müssen aber in ihrem weiteren Verlaufe gegenüber äußeren Einflüssen möglichst isoliert sein, damit die Fortleitung dieser Reize ohne weitere Störung erfolgen kann, und dieser Schutz ist in der ausgebildeten Markscheide gegeben und diese dient in diesem Sinne als Isolator für die Fortleitung der Reize.

Genau dieselben Verhältnisse wie bei den Reiz vermittelnden Sinnesapparaten bestehen an den Einmündungsstellen sensibler Bahnen im Zentralnervensystem, insofern, als auch hier die letzten Verzweigungen der Achsencylinder marklos sind und so durch hier vorhandene enge Beziehungen zu den ebenfalls marklosen Protoplasmaästen von Systemzellen, die bis hierher isoliert fortgeleitete Erregung auf eine zweite aus diesen Zellen entspringende intracerebrale Leitungsbahn übertragen können.

Andererseits sind die Endverzweigungen an den Muskelmassen ebenfalls frei von Mark, so daß auch hier die Über-

tragung des Reizes auf die Muskelfasern nicht durch eine isolierende Schicht gestört ist.

Da nun die Markreife einmal in sensorischen Systemen sensibler Nerven etwas früher eintritt als in den sensiblen Nerven selbst (mit Ausnahme des Nervus vestibularis), und noch früher in den reflektorischen Systemen und in den durch diese beeinflußten motorischen Nerven, so folgt, daß hierdurch die intracerebrale Ausbreitung und Übertragung sensibler Reize in bestimmter Weise geregelt ist. Weil die motorischen Nerven und die reflektorischen Systeme, die zu deren Ursprungskernen hin Reize übertragen, diejenigen Leitungsbahnen sind, welche zuerst im ganzen Nervensystem fertig werden, so können sie nur allein als funktionsreife Nervenstränge eine isolierte Fortpflanzung von Reizen übernehmen, sobald sensible Leitungen ihnen solche zuführen. Die Übertragung sensibler Reize zu einem Muskelapparat erscheint an den in jedem Zeitabschnitte fertigen, d. h. markreifen Nervenstrang gebunden. Die Grundeinrichtungen im Nervensystem erscheinen vom Standpunkte der Entwicklung aus als reflektorische, und die ersten Äußerungen seiner beginnenden Funktion als Reflexakte (Held und Ambronn).

Auch Erb und Leegard treten infolge klinischer Erfahrung bei degenerierten und wieder sich regenerierenden Nerven für einen Zusammenhang der elektrischen Erregbarkeit mit der Markscheidenbildung ein.

Die interessante, bei gewissen Lähmungen gemachte Erfahrung, daß der Willenseinfluß auf bestimmte Muskelgruppen vorhanden sein kann, während dieselben für den induzierten Strom weder direkt noch indirekt erregbar sind, erklärt Erb dadurch, daß der Achsencylinder, der für die Leitung der Erregungsvorgänge dient, erhalten oder wiederhergestellt ist, während die Markscheide, welche zum Zustandekommen der elektrischen Erregungsvorgänge erforderlich ist, degenerirt, verloren gegangen oder nicht genügend wiederhergestellt ist.

A. Westphal dagegen meint, daß die Annahme, daß die Funktionstätigkeit einer Nervenleitung an das Vorhandensein einer isolierenden Markhülle gebunden ist, zum mindesten nicht bewiesen ist. Dagegen spreche der Befund am Nervus opticus des Neugeborenen, der sich besonders in seinen peripheren Teilen als sehr unvollkommen markhaltig herausstellt, bei einem ausgetragenen Kinde aus marklosen, nackten Achsencylindern zusammengesetzt war. Ein neugeborenes Kind habe

aber bereits Lichtwahrnehmungen; ob das Kind, dessen Opticus untersucht wurde, Lichtwahrnehmungen hatte, ist nicht erwähnt.

A. Westphal wendet sich gegen die von Held und Ambronn aufgestellten Gesetze der Markreifung, nach denen das Mark der einen Zentren und Bahnen sich in primärer, das der anderen in sekundärer Weise sich entwickle, und gegen den Schluß Helds, daß es sich in den peripherischen Systemen um primäre Markreifung der motorischen Bahnen handelt, weil die sensiblen Bahnen hier noch nicht entwickelt sind, in den zentralen Systemen um sekundäre Markbildung der motorischen Bahnen, weil die sensiblen Bahnen entwickelt, die motorischen nicht entwickelt gefunden werden. Dieser Schluß Helds läßt nach Westphal die eigentliche Ursache der Verschiedenheiten der Markbildung in den peripheren und zentralen sensiblen Bahnen nicht erkennen. Der Nachweis des Zusammenhanges der Funktion mit dem Grade der Markentwicklung sei für die peripherischen Gehirnnerven nicht erbracht, da der Acusticus bald markreif wird, während die zentrale Hörleitung zuletzt von allen Sinnesleitungen zur Reife gelangt.

---

## Die Erregbarkeit der peripheren Nerven des Kindes.

Für die sensiblen und motorischen Bahnen der Neugeborenen hatte man eine erhöhte Erregbarkeit angenommen, ohne auf die unentwickelten Zentralorgane weitere Rücksicht zu nehmen.

Wiewohl nun gegen diese Anschauung mancherlei Erscheinungen aus dem physiologischen und pathologischen Leben der Neugeborenen sich anführen lassen, wie die geringere Empfindlichkeit gegen Schmerzeindrücke und dergleichen mehr, so suchte Soltmann durch experimentelle Forschung die Frage zur Entscheidung zu bringen, ob etwa an der erhöhten Reizbarkeit der Neugeborenen die peripheren Nerven einen Anteil nehmen. Zu diesem Zwecke verglich Soltmann die funktionellen Eigentümlichkeiten der peripheren Nerven neugeborener und erwachsener Tiere zu gleicher Zeit.

Um die Fehlerquellen (Beschaffenheit der Elektroden, Stromstärke, Reizungsort des Nerven, Unversehrtheit des Ner-

ven, Eintrocknen des Nerven, Abkühlung, Dicke des Nerven) so viel als möglich zu vermeiden, wurden die Versuche in folgender Weise angestellt:

Die Tiere (18 alte Kaninchen und 36 junge) wurden, um die Nerven vor Abkühlung zu schützen, in einen Wärmekasten (30—36°) gesetzt, der Nerv blieb in seiner natürlichen und geschützten Lage undurchschnitten und wurde in die hakenförmige Krümmung einer Ludwigschen Elektrode mit möglichster Vermeidung jeder Zerrung eingelegt. Die Elektrode selbst wurde dann in entsprechender Haltung zwischen die Muskeln eingenäht oder durch Klemmen befestigt. Das Rückenmark war in allen Fällen in gleicher Höhe durchschnitten, damit nicht bei der Erregung der Nerven die Empfindung im Zentralorgan sich in einer für das Experiment störenden Weise, durch Bewegungen etc., geltend machen könnte.

Wenn nun unter solchen Umständen gereizt wurde, und zwar statt mit tetanisierenden Strömen nur mit einem einzelnen Reiz (Öffnungsschlag), so zeigte sich, daß bei erwachsenen Kaninchen ein Rollenabstand von 64—60 durchschnittlich genügte, um eine deutliche, für das Auge wahrnehmbare Zuckung auszulösen. Bei jungen Tieren mußte aber der Rollenabstand (RA) wesentlich verkürzt werden. Es ergab sich durchschnittlich folgendes Verhältnis:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Erwachsenes | Kaninchen | . . . . . | RA. | v. 64—60 | d. Z. |
| Neugeborenes | „ | . . . . . | „ | „ 27—24 | „ |
| „ | „ | (6 Tage) . . . . . | „ | „ 34—30 | „ |
| Junges | „ | (10—14 Tage) . . . . . | „ | „ 38—42 | „ |
| „ | „ | (20—24 „ ) . . . . . | „ | „ 56—52 | „ |
| „ | „ | ($1^1/_2$ Monate) . . . . . | „ | „ 68—60 | „ |

Ähnliche Resultate ergaben Hunde und Katzen.

Ergab sich schon daraus, trotzdem mit ungleicher Stromdichte gearbeitet wurde, eine geringere Erregbarkeit der Nerven des Neugeborenen, so wurde dies zur Gewißheit, wenn die Nerven der beiden zu vergleichenden Tiere mit je einem Ludwigschen Elektrodenpaar in Verbindung gebracht wurden, in einer Weise, daß Stromstärke und Stromdichte vollständig gleich waren. Es zeigte sich eine deutliche Herabsetzung der Erregbarkeit der Nerven des Neugeborenen und gleichzeitig ein stetiges und allmähliches Ansteigen der Erregbarkeit von der Geburt an mit dem Alter aufsteigend bis zu einem Zeitpunkt, wo die Erregbarkeit beider gleich, oder gar die des

jungen Tieres ($1^1/_2$ Monat) höher ist als die des erwachsenen Tieres.

Außerdem fiel der Unterschied in der Art der Reaktion auf, während beim erwachsenen Tiere die Kontraktion jäh und brüsk geschah, war die Bewegungserscheinung beim neugeborenen langsamer und träger; sie hatte etwas Schleppendes und Kriechendes, so daß die Wiederausdehnung nach der Kontraktion dadurch fast den Eindruck einer aktiven Streckung machte. Der ganze Zuckungsablauf erlitt eine auffallende Verzögerung. Die nebenstehenden Kurven (Fig. 13) zeigen in No. 1 die Zuckung eines erwachsenen Kaninchens. Wir bemerken eine äußerst steile Kurve, die, nachdem sie mit dem absteigenden

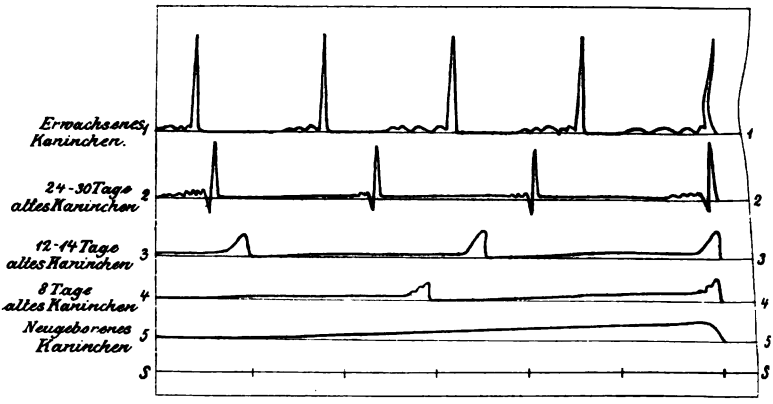



Fig. 13.

Zuckungskurven bei verschiedenaltrigen Kaninchen nach Soltmann. (Jahrbuch für Kinderheilkunde.)

Schenkel in schnellem Abfall die Abscisse wieder erreicht hat, oder kurz vorher, sich noch einmal erhebt, um dann nach einer kurzen Welle erst allmählich in die Abscisse auszulaufen.

Bei No. 2 sehen wir bei einem 24—30 Tage alten Kaninchen eine ebenso steile Kurve, diese zweite Erhebung sehen wir aber erst eintreten, nachdem der absteigende Schenkel durch die Heftigkeit des Abfalles des Hebels (maximale Reize) sogar bis unter die Abscisse herabgereicht war. Nach der abermaligen Erhebung sehen wir dann einzelne kleine Wellenlinien, die an Zahl und Tiefe sehr verschieden sind. Diese Aufsätze und Wellen rühren von den elastischen Schwingungen des Polygraphen her.

Ganz anders als die beiden Bilder No. 1 und 2 gestalten sich die in No. 3, 4 und 5. No. 5 stellt die Kurve eines neugeborenen Kaninchens dar, No. 4 eines 8tägigen und No. 3 von einem 12—14 Tage alten Kaninchen.

Die Zuckungskurve beim neugeborenen Kaninchen ist ganz und gar verschieden. Sowohl das Erhebungsmaximum (maximale Ordinate), als Dauer und Form sind gänzlich verschieden. Zunächst ist der aufsteigende Schenkel der Kurve nicht so steil wie beim erwachsenen Tiere, sondern er geht vielmehr langsam in schräger Richtung nach aufwärts, ein Zeichen verlangsamter Kontraktion. Der Gipfel der Kurve rückt somit vom Anfangspunkte ab. Ferner verharrt die Kurve länger im Maximum ihrer Kontraktion, so daß auch der Winkel ihres Gipfels bei weitem größer (ein rechter oder stumpfer) ist als beim erwachsenen Tiere, bei dem er spitz ist. Die Wiederausdehnung des Muskels ist eine ganz allmähliche, so daß der absteigende Schenkel nicht einen jähen und steilen Abfall zeigt, sondern nach und nach in weiter Streckung nach abwärts gleitet und sich in weiter Entfernung vom Anfangspunkte asymptotisch der Abscisse nähert. Zunehmende Streckung mit Abflachung des Gipfels ist das charakteristische Myogramm des Neugeborenen.

Die Zuckungskurve des 8tägigen Kaninchens zeigt noch große Ähnlichkeit mit der des neugeborenen, die Kurve beim 12—14 Tage alten Tiere bildet gewissermaßen den Übergang von der Kurve des neugeborenen zu der des erwachsenen Tieres.

Die Zuckungskurven der neugeborenen und der jungen Tiere zeigen eine große Übereinstimmung mit der Zuckungskurve eines ermüdeten Muskels oder eines abgekühlten Muskels, wie es von Wundt, Kronecker, Marey und Funck beschrieben worden ist.

Ähnliche Kurven ergab die direkte Muskelreizung beim curarisierten Kaninchen.

Bezüglich des Zeitmaßes ergab sich, daß sich eine große Zahl einzelner Zuckungen des erwachsenen Tieres in der Sekunde verzeichnen lassen, während eine einzige Zuckung des neugeborenen Tieres, mittelst starker Ströme ausgelöst, fast 5—6 Sekunden Zeit in Anspruch nimmt.

Es zeigte sich ferner mit Hilfe des Bernsteinschen Apparates (akustischer Stromunterbrecher), daß sich beim neugeborenen Tiere die Erscheinungen des Tetanus am Muskel

bei einer weit geringeren Reizzahl schon einstellen (Schwingungszahl 16—18 in einer Sekunde), als beim erwachsenen Tiere. 16 Stromunterbrechungen in der Sekunde genügen, um beim neugeborenen Kaninchen einen kompleten Tetanus zu erzeugen, während dazu mehr als 70 beim erwachsenen gehören.

Der Tetanus der neugeborenen Tiere gleicht ebenfalls dem der ermüdeten erwachsenen Tiere. Wie bei der Einzelzuckung fällt beim Tetanus des neugeborenen Tieres auf, daß derselbe nicht mit einem steil aufsteigenden Schenkel beginnt, sondern sich allmählich schräg aufsteigend über drei Abscissen erhebt, und daß ebenfalls die Kurve nach Vollendung des Tetanus mit einer nach oben konkaven Linie wiederum der Abscisse zu allmählich absinkt.

Soltmann betrachtet es als eine höchstweise Einrichtung der Natur, daß beim Neugeborenen, der durch den Mangel der Hemmungsvorrichtungen, namentlich des Willens, der Gefahr der Konvulsionen so sehr ausgesetzt ist, jene Disposition in etwas, wenigstens durch die mangelhafte und verminderte Erregbarkeit des peripheren Nervensystems kompensiert wird.

Bezüglich der Eklampsie und des Tetanus ergaben die Versuche Soltmanns, daß die Muskulatur des Neugeborenen schon bei einer weit geringeren Reizfrequenz in tetanische Kontraktion gerät als beim Erwachsenen.

Die Häufigkeit der Krämpfe um die Mitte des 1. Lebensjahres ist nach Soltmann darauf zurückzuführen, daß um diese Zeit die Erregbarkeit der peripheren Nerven eine bereits sehr große, ja vielleicht größere als beim Erwachsenen ist, während umgekehrt die Hemmungsmechanismen, die Willensfähigkeiten zwar in der Ausbildung begriffen, aber noch keineswegs so mächtig, so fixiert sind in ihrer Wirkung, daß sie der leichten Übertragbarkeit von Reflexen einen festen Riegel vorzuschieben vermöchten.

Außer diesen unternahm Soltmann auch Untersuchungen über die Erregbarkeit der sensiblen Nerven der Neugeborenen. Schon die geringere Schmerzempfindlichkeit der Neugeborenen zeigt eine Herabsetzung der Erregbarkeit.

Versuche nach den Methoden von Türck, Setschenow, Baxt, Stierling u. a. konnten nicht in Anwendung kommen, da hierbei die motorischen Nerven der Neugeborenen in Frage kommen. Soltmann wendete deshalb die Betzoldsche Methode an. Dieser fand bekanntlich, daß selbst unbedeutende Reize, die die Haut

eines mit Kurare vergifteten Tieres treffen, von einer augenblicklichen Erhöhung des Blutdruckes und Vermehrung der Pulszahl beantwortet werden, welche Tatsachen von Lowén, Asp, Heidenhain, Dittmar u. a. teils bestätigt, teils erheblich erweitert wurden. Da es nun als eine feststehende Tatsache gilt, daß diese Blutdrucksteigerung die Folge einer Kontraktion der Muskelringe der kleinen Arterien ist, die reflektorisch von den sensiblen Nerven zustande kommt und die Reaktion eine so überaus präzise ist, daß selbst bei minimaler Erregung der sensiblen Nerven eine derartige Blutdrucksteigerung nachweisbar ist, die in ihrer Höhe übrigens mit der Stärke des Reizes steigt, so war diese Methode Soltmann ein willkommenes Mittel, die Erregbarkeitsverhältnisse der sensiblen Nerven neugeborener und erwachsener Tiere einer vergleichenden Prüfung zu unterwerfen, um so mehr, als diese Methode, wie Dittmar erwähnt, es nicht einmal benötigt, daß das Versuchstier durch den Reiz eine wirkliche Empfindung habe. Der Reiz ruft durch Einwirkung auf das vasomotorische Zentrum den Reflex in den Gefäßnerven hervor.

Als Versuchstiere dienten Soltmann Hunde der verschiedensten Altersklassen. Denselben wurde der Ischiadicus frei präpariert, durchschnitten (zuweilen auch nicht), und der zentrale Stumpf desselben in die hakenförmigen Krümmungen einer Ludwigschen Elektrode eingelegt und mit tetanisierenden Strömen des du Bois-Reymondschen Schlittenmagnetelektromotors bei einem Growe-Element gereizt. Zur Abstufung des Stromes diente die Verschiebung der sekundären Spirale. Der Nerv wurde vor dem Eintrocknen geschützt und in ruhiger Lage ohne Zerrung zwischen den Muskeln belassen. Fast sämtliche Tiere wurden kurarisiert, um störende Nebenwirkungen beim sensiblen Reiz auszuschließen, der Blutdruck wurde an einem in die Carotis eingeführten Quecksilbermanometer beobachtet. Das Tier war kurarisiert, die Atmung künstlich durch Maschinendruck reguliert.

Bei alten ausgewachsenen gleichaltrigen Tieren machte sich die erste Blutdrucksteigerung bei einem Rollenabstand von durchschnittlich 24 geltend. Wurde nun in dieser Weise die sensible Erregung bei einem jugendlichen, noch wachsenden Hunde geprüft, so zeigten sich höchst auffallende Differenzen, die für eine Herabsetzung der Erregbarkeit der sensiblen Nerven jüngerer Tiere sprachen.

Bei einem 9 Tage alten Hunde mußte der Rollenabstand

bis auf 10 gebracht werden (trotzdem hier auf den dünneren Nerven schon weit schwächere Ströme einen Effekt erzielen mußten), und auch dann war die Steigerung des Blutdruckes noch eine geringe.

Noch bei weitem auffallender traten diese Differenzen bei der sensiblen Erregung des neugeborenen Tieres in die Erscheinung. Hier mußte der Rollenabstand oft gleich Null genommen werden, ehe sich die geringste Blutdrucksteigerung geltend machte, und zuweilen blieb diese sogar gänzlich aus.

Aus diesen Versuchen Soltmanns geht hervor, daß die Erregbarkeit der sensiblen Nerven beim Neugeborenen erheblich herabgesetzt ist. Weiterhin ließ sich aus der vergleichenden Untersuchung der sensiblen Erregbarkeit von Hunden der verschiedensten Altersklassen konstatieren, daß die Erregbarkeit von der Geburt an stetig allmählich mit dem Alter zunimmt und bis zu einem Zeitpunkt steigt, wo sie *die* Erregbarkeit des erwachsenen Tieres übertrifft. Dies scheint durchschnittlich bei 10—12 Wochen alten Tieren der Fall zu sein.

Es herrschen also bei der Erregbarkeit der sensiblen Nerven ganz den motorischen analoge Verhältnisse.

Auf Grund dieser Versuche kann von einer „erhöhten Reflexdisposition" beim Neugeborenen keine Rede sein, dieselbe gehört vielmehr einer späteren Lebensepoche, der Säuglingsperiode an, wo die Erregbarkeit der peripheren, sowohl der motorischen wie der sensiblen Nerven eine sehr hohe ist, umgekehrt aber die Hemmungsmechanismen, die psychomotorischen Rindenzentren, die Willensfähigkeiten zwar in der Ausbildung begriffen, aber noch nicht so mächtig sind, daß sie der leichten Übertragbarkeit von Reflexen einen Damm entgegenzusetzen imstande wären. So kommt es auch, daß beim Kinde die Zeit des Zahndurchbruches für das Zustandekommen der Reflexe die günstigste sein muß und Konvulsionen um diese Zeit am häufigsten sind, zu deren Zustandekommen in dieser Zeit selbst der im Bereich des Physiologischen liegende Reiz genügen kann („Zahnkrämpfe").

C. Westphal fand im Jahre 1886, daß er zur Reizung der peripheren Nervenstämme eines neugeborenen Kindes, als auch zur direkten Erregung der Muskeln des Kindes viel stärkere Induktionsströme brauchte, als beim Erwachsenen. Es galt dies vom Facialis und den Gesichtsmuskeln ebenso, wie von den spinalen Nerven, resp. Muskeln der Extremitäten. Ströme,

welche, an den gleichen Stellen bei Erwachsenen appliziert, bereits stärkere Kontraktionen erzeugten, schienen bei dem Neugeborenen ganz wirkungslos, und erst sehr starke Ströme führten zu relativ schwachen Kontraktionen. C. Westphal konnte diese Tatsache bei weiterer Untersuchung auch für den konstanten Strom bestätigen. Dabei war es deutlich, daß die Kontraktionen, sowohl bei faradischer als bei galvanischer Reizung einen von dem gewöhnlichen abweichenden, eigentümlichen Charakter hatten durch die größere Langsamkeit ihres Entstehens und Verschwindens; sie erschienen auch im ganzen relativ schwach.

C. Westphal konnte demnach die Experimente Soltmanns für den Menschen bestätigen.

A. Westphal setzte diese Untersuchungen seines Vaters fort und untersuchte 27 Kinder von der Geburt bis $2^1/_4$ Jahre, ein Kind mit 8 Jahren und ein Individuum mit 30 Jahren. Von den Nerven wurde der Facialis, Ulnaris, Medianus, Peroneus, Frontalis, von den Muskeln der Musculus biceps brachii, Musculus extensor digit. communis, Musculus vastus internus, Musculus peroneus longus faradisch und galvanisch untersucht. Als erregbare Punkte für die Nerven wählte Westphal die von Erb angegebenen Stellen.

Auch A. Westphal fand wie Soltmann und C. Westphal in den ersten Wochen der Geburt eine verminderte Erregbarkeit für den faradischen und galvanischen Strom bei indirekter, für den faradischen Strom auch bei direkter Reizung. Eine ganz bestimmte Zeit, innerhalb deren diese verminderte Erregbarkeit besteht, ließ sich nicht festsetzen. Von der 5. Woche an war durchgehend eine Verminderung der Erregbarkeit nicht mehr zu konstatieren.

Diese Herabsetzung der Erregbarkeit betrifft innerhalb der geschilderten Grenzen die große Mehrzahl der untersuchten Nerven und Muskeln. Doch betont Westphal, daß einzelne Nerven und Muskeln bei manchen Individuen von dieser Regel eine Ausnahme machen, indem sie schon innerhalb der normalen Stromstärken erregbar sind, während andere noch sehr schwer auf den elektrischen Strom reagieren. Ferner sind die Erregbarkeitsverhältnisse der Nerven und Muskeln ein und desselben Kindes für den galvanischen und faradischen Strom mitunter verschieden, die Erregbarkeit kann für den galvanischen Strom herabgesetzt, für den faradischen normal sein und umgekehrt. So findet man mitunter bei einem Individuum

alle Übergänge von stark herabgesetzter bis zu normaler Erregbarkeit. Diese Verschiedenheit ist bei verschiedenen, im Alter nahestehenden Kindern noch größer.

Die direkte galvanische Erregung des Muskels konnte Westphal nur bei einer Anzahl Individuen aus der 1. Lebenswoche feststellen, während in anderen Fällen die Erregbarkeit aller oder einzelner Muskeln sich nicht wesentlich von der in höheren Altersstufen unterschied.

Trotz dieser Mannigfaltigkeit und anscheinender Regellosigkeit ist es aber ausgemacht, daß die Nerven und Muskeln (mit der geschilderten Einschränkung) in den ersten Lebenswochen bis zu einem gewissen, nicht für alle Fälle gleichen Zeitpunkt wesentlich schwerer elektrisch zu erregen sind, als die Nerven und Muskeln Erwachsener.

Auch die von Soltmann und C. Westphal beobachtete schleppende, kriechende Kontraktion der Muskeln beim Neugeborenen konnte A. Westphal bestätigen, und zwar sowohl bei faradischer als galvanischer Reizung. Die Schließungszuckungen zeigten die schleppende Zuckung deutlicher als die Öffnungszuckungen.

Nur das regelmäßige Ansteigen der Erregbarkeit mit dem Alter konnte A. Westphal nicht so konstatieren wie Soltmann, da die Bedingungen der perkutanen Reizung am Kinde viel ungünstiger sind als bei Reizung des freien Nervens bei Versuchstieren, die in denselben Stromkreis eingeschaltet sind. Außerdem war das wirkliche Alter des Kindes im Einzelfalle sicher festzustellen beeinträchtigt. Es kann deshalb auch beim Menschen ein regelmäßiges Ansteigen der Erregbarkeit nach der Geburt stattfinden.

Erwähnenswert wäre, daß in pathologischen Fällen von Erwachsenen ähnliche Differenzen in der Erregbarkeit in peripheren Nerven zu finden sind und ich erinnere hier nur an die starke Herabsetzung der Erregbarkeit der peripheren Nerven bei stuporösen Geisteskranken, bei welchen die Funktionen des Großhirnes vollständig darniederliegen und bei welchen erst bei vielfach erhöhten oder erst bei den stärksten elektrischen Reizen vom Nerven aus eine Muskelzuckung zu erzielen ist.

A. Westphal konstatierte gleich Erb und Jolly, daß sich bei jugendlichen Personen oft ein sehr hoher Leitungswiderstand der Haut findet. In den ersten fünf Lebenswochen war derselbe durchgehends beträchtlich höher als in den späteren

Altersstufen; der Grund hierfür liegt nach A. Westphal vielleicht in der Bedeckung der Haut mit feinsten Wollhärchen bei ganz jungen Individuen.

Gleich Jolly fand A. Westphal kein bestimmtes Verhältnis zwischen zunehmendem Alter und dem Leitungswiderstande der Haut.

Bezüglich der bereits von Soltmann erwähnten geringeren Schmerzempfindlichkeit der Neugeborenen fand A. Westphal, daß Neugeborene und Kinder aus den ersten Lebenswochen (etwa bis zur 3. Woche) gegen sehr starke elektrische Ströme vollkommen unempfindlich sind. Es mußten bei diesen Reizversuchen in vielen Fällen faradische und galvanische Ströme von einer Intensität in Anwendung gebracht werden, wie sie für Erwachsene völlig unerträglich sind (faradischer Strom RA. 55 und galvanischer Strom über 10 MA.). Die ganz jugendlichen Individuen ertragen diese Ströme auch im Gesicht, ohne die geringsten Zeichen von Schmerz oder Abwehrbewegungen, sie liegen vollkommen ruhig, ohne zu schreien da.

Bei der Untersuchung fiel es Westphal auf, daß die Kinder ihre Muskeln fortwährend unwillkürlich kontrahieren, und bringt diese Erscheinung mit dem unentwickelten Nerven und Gehirn in Zusammenhang.

Mann untersuchte mittelst der Stintzingschen Normalelektrode den Nervus medianus bei 56 Kindern im Alter von 10 Tagen bis 30 Monaten und konnte die oben erwähnten Befunde bestätigen, nach welchen die Erregbarkeit der Nerven bei Kindern in den ersten Lebenswochen geringer ist, als im späteren Lebensalter. Die Grenze, an der diese verminderte Erregbarkeit aufhört und die nach Westphal ungefähr in die 5. Woche fällt, ist nach der Tabelle Manns in die 7. Woche zu verlegen, denn es finden sich in diesem Alter noch solche Zahlen, wie sie späterhin an gesunden Kindern nie mehr zur Beobachtung kommen. Mann teilte seine Tabelle nach den Mittelwerten in 2 Teile, 13 Kinder unter 8 Wochen und 43 Kinder über 8 Wochen, und erhielt folgende Werte:

| | Farad. mm RA. | KSz | AnSz | AnÖz | KÖZ |
|---|---|---|---|---|---|
| Jüngere Kinder unter 8 Wochen | 83,1 | 2,61 | 2,92 | 5,12 | 9,28 |
| Ältere „ über 8 „ | 110,4 | 1,41 | 2,24 | 3,63 | 8,22 |

Ströme zwischen 70 und 80 RA. des Schlittenapparates, bei welchen an diesen Kindern gerade erst eine Minimalzuckung entsteht, sind so stark, daß sie beim Erwachsenen die aus-

giebigsten und schmerzhaftesten Kontraktionen hervorrufen. Ebenso konnte Mann den langsamen, trägen Zuckungsverlauf (Soltmann, C. u. A. Westphal) bestätigen.

Außerdem fand Mann, daß der Normalwert für die Kathodenschließungszuckung (KSz) des Nervus medianus bei gesunden Kindern im Alter von 8 Wochen bis 30 Monaten mit verschwindenden Ausnahmen zwischen 0,7 und 2,0 MA. liegt. Beim Erwachsenen ist die entsprechende Zahl nach Stintzing für den Medianus: Normalwert 0,3—1,5 (Extremwert 0,27 und 2,0). Darnach sind die Normalzahlen bei Erwachsenen etwas niedriger als bei Kindern zwischen 8 Wochen und $2^1/_2$ Jahren. Ebenso fand Escherich, daß der Wert für die KSz im 1. und 2. Lebensjahre höher liegt als beim Erwachsenen.

Mann schließt aus seinen Tabellen in Zusammenhang mit denen von Stintzing und Westphal, daß die geringe Erregbarkeit der ersten Lebenswochen mit dem Ende der 7. Woche einer wesentlich größeren Erregbarkeit Platz macht, daß damit aber die Erregbarkeit des erwachsenen Alters noch nicht erreicht ist, vielmehr in den ersten Lebensjahren die Werte immer noch höher liegen als beim Erwachsenen.

Beim Tier fand dagegen Soltmann ein stetiges und allmähliches Ansteigen der Erregbarkeit von der Geburt bis zur 6. Woche, wo die Erregbarkeit des jungen Tieres gleich oder gar höher ist als die des erwachsenen Tieres.

Auch bezüglich der Erregbarkeit des Nervus vagus unternahm Soltmann wichtige Versuche. Beim erwachsenen Tiere (Hund, Katze, Kaninchen) wurde je nach Alter, Rasse, Individuum etwas variierend, durchschnittlich schon bei einem Rollenabstand von 24,0—22,0 auf Vagusreizung Stillstand des Herzens in der Diastole zustande gebracht. Wenn nun die Wirkung des Vagus beim neugeborenen Tier auf das Herz die gleiche wäre, so müßte sie schon bei einem größeren Rollenabstand das Herz zum Stillstand bringen, da ja die Stromdichte gleich ist der Stromstärke, dividiert durch den Querschnitt des feuchten Leiters, und der Nervus vagus beim Neugeborenen kaum ein Viertel so dick ist als beim ausgewachsenen Tier. Beim neugeborenen Tier tritt das aber nicht ein. Selbst wenn mit gleichstarken Strömen gereizt wurde, wie bei erwachsenen Tieren, gelang es nie die Kontraktionen des Herzens zu mäßigen, noch weniger sie zu sistieren. Es waren vielmehr bei weitem stärkere Ströme notwendig als beim erwachsenen Tiere (Rollenabstand 10,0—8,0), um Herzstillstand herbeizu-

führen. In der Mehrzahl der Fälle gelang es Soltmann überhaupt nicht, einen Stillstand zu beobachten, wenigstens nicht des ganzen Herzens, die Kammern standen wohl still, die Vorhöfe jedoch pulsierten weiter.

Durch diese Versuche läßt sich nach Soltmann eine mangelhafte Energie des Vagus bei Neugeborenen feststellen. Sowohl bei direkter Reizung des Herzsinus (Mayer), als auch nach hoher Rückenmarksdurchschneidung, als bei direkter Sympathicusreizung von der Bauchhöhle aus, gelang es Soltmann in keiner Weise, die Kontraktionen des Herzens beim Neugeborenen zu zügeln. Das Herzhemmungs-Nervensystem des Neugeborenen hat noch nicht seine Wirksamkeit entfaltet.

Diese mangelhafte Energie des Vagus scheint für die eigentümlichen physiologischen Herzbewegungen und Atmungsbewegungen beim Neugeborenen, sowie für mancherlei sich daran anschließende pathologische Fragen nicht ohne Bedeutung zu sein. Denn darin ist es zum Teil begründet, daß die Frequenz der Herzkontraktionen beim Neugeborenen gegenüber dem Erwachsenen einmal eine so unverhältnismäßig vermehrte ist, als andererseits, daß die Zahl der Pulsationen einer so enormen Schwankung unterliegt. Nach Seux schwankt die Pulsfrequenz zwischen 76—208, durchschnittlich 120—140; nach Soltmann ist die physiologische Breite der Pulszahl 108—148. Ebenso wie diese Frequenz erklärt sich aus den obigen Befunden auch die Intermittenz und Irregularität des Herzschlages des Neugeborenen, die am besten den physiologischen Kampf der noch nicht regulierten Wechselwirkung zwischen exzitierenden und hemmenden Kräften im Herzen veranschaulicht, und es ist zu begreifen, warum die Bewegungen des Säuglings, die Lageveränderungen desselben, das Schreien, die Nahrungsaufnahme, ja das einfache Erwachen aus dem Schlafe schon von einer erheblichen Steigegerung der Pulsfrequenz gefolgt sind, kurz warum die leichtesten Reize, die den Erwachsenen gar nicht tangieren, so leicht zu einer selbst fieberhaften Reaktion führen, weil eben die moderierende Schranke des Vagus so leicht überwunden werden kann. Gerade für die fieberhaften Zustände der Säuglinge erscheint dies wichtig, denn wir können dadurch begreifen, daß der Neugeborene und Säugling, wie bekannt, eine Ausnahme hierbei macht von der für alle anderen Altersklassen allgemein gültigen Regel, wonach in fieberhaften Zuständen Puls- und Temperaturkurve sich decken, wohingegen vielmehr

beim Säugling die Pulskurve bei weitem die Temperaturkurve übertrifft.

Das Gleiche wie von der Herztätigkeit gilt auch von der Atmung. Gerade die wohlbekannte Intermittenz derselben, das Unrhythmische der Inspiration und Exspiration, das plötzliche Aussetzen der Atmung und sich dann wieder schnelle Überstürzen, auch später noch beim älteren Säugling, wenn die Aufmerksamkeit desselben durch einen äußeren Gegenstand gefesselt wird, sowie die in krankhaften Zuständen ganz unverhältnismäßige Beschleunigung der Atemzüge bis auf 100 und darüber, muß ganz gewiß zum Teil der mangelhaften Energie des Vagus zugeschrieben werden. Soltmann weist auch auf das dritte Stadium der Meningitis hin, in welchem bei Erwachsenen durch Vagusreizung eine starke Pulsverlangsamung zu beobachten ist, während bei der Meningitis basalis des ersten Lebensjahres der Puls von Anfang bis Ende fast gleichmäßig (irregulär) beschleunigt ist infolge der geringeren Erregbarkeit des Vagus (Soltmann).

Ebenso wie Soltmann konstatierte Anrep, daß bei einige Stunden alten Katzen mit beliebigen Stromstärken weder ein Stillstand des ganzen Herzens, noch eines Teiles desselben hervorgerufen werden kann. Bei 2—7 Tage alten Tieren beobachtete Anrep bei Reizungen mit starken Strömen einen Stillstand der Ventrikel, nicht aber der Vorhöfe. Erst im Alter von 7—14 Tagen sind die hemmenden Zentren des Herzens imstande, einen Stillstand des ganzen Herzens zu bewirken.

Soltmann schloß außerdem aus seinen Befunden, daß es zwei räumlich getrennte Hemmungszentren gibt, die vom Vagus unabhängig sind, und von denen eines von Beginn des Lebens in den Ventrikeln in Wirksamkeit ist, während das zweite in den Vorhöfen erst nach der Geburt sich allmählich ausbildet.

Der Grund des Unterschiedes der Funktion der kindlichen Nerven von den erwachsenen liegt in den anatomischen Differenzen der kindlichen und erwachsenen Nervenfaser, wie wir sie in den obigen Kapiteln genau geschildert haben. Nach A. Westphal sind es die weit geringere Breite der Nerven- und Muskelfaser, das Fehlen deutlicher Einschnürungen an den Nerven, der Reichtum an großen Kernen im Parenchym und interstitiellen Gewebe, das eigentümliche Verhalten der Achsencylinder in den frühen, postembryonalen Stadien, in Verbindung mit der sehr mangelhaften Markscheidenentwicklung, welche genügende Momente für die Erklärung der Erregbar-

keitsunterschiede darbieten, auch wenn uns die Kenntnis über die Bedeutung der einzelnen Faktoren für die Erregbarkeit noch fehlt. Mit Wahrscheinlichkeit spielen die weitgehenden Differenzen in der Entwicklung der Markscheiden hierbei die Hauptrolle, zumal auch ähnliche Reizungsverhältnisse bei entarteten Nerven, mit Schwund des Nervenmarkes, Vorkommen von unentwickelten Fasern, Atrophie der Muskelfasern, Kernreichtum beobachtet werden.

Auch die physiologischen Befunde Soltmanns und Anreps über den Nervus vagus stimmen diesbezüglich mit dem anatomischen Befunde überein, indem auch der Nervus vagus bei Neugeborenen noch wenig entwickelt ist. Wie die Markreife des Vagus bald nach der Geburt eintritt, so wird auch die elektrische Erregbarkeit des Vagus sehr frühzeitig eine normale.

## Über die Funktion des Grosshirnes beim Kinde.

Soltmann bestrebte sich experimentell nachzuweisen, daß, wie auch die Beobachtungen ex vita lehren, sämtliche Bewegungen des Neugeborenen unwillkürliche seien (reflektierte, instinktive, automatische), und betonte, daß ebenso wie das unbeholfene und unkoordinierte Gestikulieren und Strampeln mit Arm und Beinen beim Neugeborenen, so auch seine mimischen Bewegungen und der Schrei als Reflexe gelten müßten und selbst die kunstvolle und komplizierte Saugbewegung anfangs nicht durch Willensaktion ausgeführt werde.

Bei allen motorischen Lebensäußerungen des Neugeborenen handelt es sich um unbewußte Empfindung und unbewußte Handlung, die, wenn sie eine gewisse Zweckmäßigkeit erkennen läßt und auf Erhaltung der Rasse gerichtet ist, als instinktiv bezeichnet werden kann.

Soltmann wies ferner darauf hin, daß sich selbst bei den Reflexvorgängen noch das indifferente Verhalten des Großhirnes eklatant offenbare; denn der Neugeborene ist in seinen Reflexbewegungen beschränkt, nur die ursprünglichen, reinen spinalen Reflexe sind ihm eigen, dagegen fehlen ihm alle diejenigen, die erst durch Assoziation, durch Erfahrungen, also durch Vorstellungen erworben werden, die cerebralen. So besteht

beispielsweise das unwillkürliche Schließen des Augenlides, wenn die Oberfläche des Auges berührt werden soll, von Geburt an nicht, sondern wird erst durch Erfahrung hervorgerufen, wenn das Kind eine Vorstellung von der Bedeutung dieser für das Auge feindseligen Handlung erlangt, und tritt dann mit zunehmendem Alter immer deutlicher, jäher und brüsker in die Erscheinung, je mehr nämlich diese Vorstellung dem Gedächtnis, d. h. der Großhirnrinde als Erinnerungsbild imprägniert ist.

Das Großhirn als Seelenorgan, als Organ des Willens und der Intelligenz, scheint eben beim Neugeborenen in der Tat noch vollständig außer Funktion zu sein, wenigstens hat Soltmann durch das physiologische Tierexperiment, durch den Nachweis der Abwesenheit sämtlicher psychomotorischer Rindenzentren, durch die Versuche der Hemisphärenabtragung bei Neugeborenen, wodurch an den Bewegungsäußerungen derselben nichts geändert wird, nachgewiesen, daß die Willensbewegungen dem Neugeborenen noch vollständig fehlen.

Aus dieser Tatsache ging hervor, daß der Neugeborene tatsächlich eine erhöhte Reflexdisposition besitzt, weil das Gehirn noch willenlos und noch nicht reflexhemmend zu wirken imstande ist (Soltmann).

Außer dem Hemmungsmechanismus des Seelenorganes, dem Willen, soll es noch andere solche Hemmungszentren im Gehirn geben. Simonoff hatte 1866 solche Mechanismen im Hundehirn aufgefunden, wie sie Setschenow beim Frosche beschrieb, und den Sitz derselben in die vorderen Lappen des Gehirnes verlegt, da die Reizung dieser mit einer erheblichen Reflexdisposition gefolgt war. Simonoff führte zwei Nadeln so in das Hundehirn ein, daß die oberen geknöpften Enden derselben außerhalb des Schädels verblieben. Es wurden vor und gleich nach der Einführung der Nadeln die Reflexe untersucht (meist durch den elektrischen Strom). Alsdann wurden die äußeren Enden der Nadeln mit den Elektroden des konstanten oder induzierten Stromes verbunden und die Reflexe während und nach der Wirkung des Stromes wiederum untersucht. Hierbei zeigte sich nun, daß die Reizung dieser Gehirnteile von einer erheblichen und deutlich nachweisbaren Hemmung der Reflexe (Reflexdepression) gefolgt war, gleichgültig wodurch die Reflexe geprüft wurden, durch Kneipen, Drücken durch den elektrischen Strom etc.

Es zeigte sich ferner, daß der Grad der Reizung auch

den Grad der Depression influenzierte, so daß die Reflexe um so tiefer ausfielen, je stärker das gehirnreizende Moment war. Zeigte zum Beispiel ein Hund vor der Einführung der Nadeln bei 180 Rollenabstand konstante und deutliche Reflexe, so traten dieselben nach der Einführung der Nadeln vielleicht erst bei 120, 100, 90 ein und so fort.

Soltmann experimentierte nun in homologer Weise beim neugeborenen Hunde und prüfte die Reflexe. Nach Einführung der Nadeln bei elektrischer Reizung der vorderen Lappen oder anderer Regionen konnte er niemals eine Reflexdepression beim Neugeborenen nachweisen. Zeigten sich vor Einführung der Nadeln bei 15,0 deutliche Reflexe, so auch nach derselben bei 15,0 in der gleichen Weise. Es existieren demgemäß beim Neugeborenen jene Mechanismen noch nicht. Es strömen also beim Neugeborenen vom Gehirn aus keinerlei Erregungen den Rückenmarksganglien zu, welche die Erregbarkeit für die sich in ihnen abspielenden Reflexakte zu hemmen imstande wären. Dieser Umstand ist nach Soltmann von Bedeutung für die Pathogenese der Konvulsionen im 1. Lebensalter.

Weiterhin untersuchte Soltmann den Unterschied bezüglich der Hemmungszentren im Rückenmark beim Neugeborenen und beim Erwachsenen. Durch Goltz, Nothnagel und Lewisson wurden solche Hemmungszentren im Rückenmark angenommen.

Lewisson durchschnitt nämlich das Rückenmark dicht unterhalb des verlängerten Markes und konnte dann — nach Sistierung der sofort auftretenden heftigen Zuckungen — jene ausgiebigen Reflexbewegungen, die durch leichtes Berühren der Aftergegend oder Zehen an den Hinterpfoten ausgelöst werden und sich namentlich in heftigen Adduktions- und Extensionsbewegungen äußern, augenblicklich aufheben, wenn er die beiden vorderen Extremitäten an ihren Rumpfeinsatz zwischen Schieberpinzetten einklemmte oder durch Umschnürung mit breiten Bändern stark reizte. Er wies ferner nach, daß es sich hierbei nicht etwa um Erschöpfung handle, noch Überreizung, sondern, daß vielmehr die direkte Reizung der sensiblen Nerven diesen Effekt hervorrief, und daß also gewisse reflexhemmende Vorrichtungen im Rückenmark bestehen müßten.

Beim Neugeborenen verhält sich die Sache nun wesentlich anders. Zwar treten nach Durchschneidung der Medulla an genannter Stelle auf Reizung der Hinterextremitäten heftige Reflexbewegungen wie beim erwachsenen Tiere ebenfalls ein,

allein dieselben sistierten nun nach heftiger Reizung oder Unschnürung der vorderen Extremitäten, wie oben angegeben, nicht, sondern schienen sogar an Intensität und Extensität meist zuzunehmen. Hieraus geht hervor, daß im Rückenmark des Neugeborenen reflexhemmende Vorrichtungen nicht vorhanden sind, resp. keine reflexhemmenden Fasern ins Rückenmark treten.

Für die Pathogenese der Krämpfe in der ersten Lebenszeit haben die gefundenen Tatsachen einen positiven Wert, denn wir können uns danach eine plausible Vorstellung machen, warum bei der erhöhten Reflexdisposition die klonischen Krämpfe sich beim Säugling so häufig paaren mit tonischen, weil eben bei dem Mangel der Hemmungsvorrichtungen der eventuelle Reiz keinen Widerstand findet in der grauen Substanz und so kontinuierlich durch die Ganglienzellen zu den motorischen Bahnen ohne Zeitverlust gelangt. Es wäre demgemäß zwischen klonischem und tonischem Krampf nur ein gradueller, kein essentieller Unterschied, was für die Lehre von der Eklampsie und dem Tetanus neonatorum nicht unwesentlich sein dürfte (Soltmann).

---

Durch die Untersuchungen von Soltmann aus dem Jahre 1876 war bekannt, daß die sogenannte motorische Zone oder die Fühlssphäre auf der Großhirnrinde des Hundes erst um die Zeit dem elektrischen Reize gegenüber erregbar wird, wenn die Tiere die Augen öffnen, d. h. am 9. bis 10. Tage. Zu früherer Zeit erweist sich jene Partie der Großhirnrinde dem elektrischen Reize gegenüber unerregbar. Man schloß daraus, daß die motorische Zone zu der angegebenen Zeit auf der Hirnrinde entwickelt ist.

Diese physiologischen Ergebnisse stimmen völlig mit den anatomischen Markreifungsergebnissen überein, denn Döllken fand, daß im Großhirne des Hundes am 9. Tage nichts weiter markhaltig ist als der Gyrus sigmoideus anterior et posterior und die Bahn zur inneren Kapsel. Am 11. bis 12. Tage beginnt die Reife des Fornix longus, des oberen Teiles der Ammonskommissur, von Fasern aus der inneren Kapsel in den hinteren unteren Teil des Gyrus marginalis, des oberen Teiles der vierten und dritten Bogenwindung. Am 14. Tage etwa sind Bündel sichtbar, die vom äußeren Kniehöcker in den Gyrus marginalis und postsplenialis ziehen. Vom 17. bis 20. Tage

werden markhaltig das mittlere Drittel des Balkens und etwas später das vordere Drittel. Die Markentwicklung erfolgt beim Hunde 1—2 Tage später als bei der Katze.

Bei der Katze ist vor dem 8. bis 9. Tage im Großhirn keine markhaltige Faser zu sehen. Gegen den 8. bis 9. Tag werden markhaltig Bündel aus der inneren Kapsel zum Gyrus coronalis und sigmoideus anterior et posterior, der Tractus olfactorius, der Fornix longus, der obere Teil der Kommissur der Ammonshörner, eine Lamelle vom Ammonshorn in dem Gyrus Hippocampi. Am 10. bis 11. Tage wird ein Teil der Zwinge, ein dünnes Bündel aus der inneren Kapsel in den Gyrus ectosylvius posterior und der vorderste Teil der dritten und vierten Bogenwindung markhaltig und am 13. bis 14. Tage eine schmale Lamelle in dem mittleren Teil des Gyrus marginalis, Bündel aus der inneren Kapsel in den Gyrus ectosylvius posterior und am 15. bis 16. Tage Bündel aus dem äußeren Kniehöcker in den hintersten Teil des Gyrus marginalis und Gyrus postsplenialis, am 19. Tage das mittlere Drittel des Balkens und der dunkle Teil der vorderen Kommissur.

Ebenso wie sich anatomisch erst die einzelnen Zentren des Großhirnes allmählich bilden, ebenso schreitet auch die Funktionsentwicklung weiter.

Beim neugeborenen Kind hat bisher nur C. Westphal Reizungsversuche vorgenommen, bei einer Mißgeburt mit defektem Schädeldache und anormalem Gehirne. Dieser Versuch C. Westphals fiel negativ aus.

Soltmann kam bei seinen Experimenten, wie oben erwähnt, zu dem Schlusse, daß bei Reizung der Hirnrinde neugeborener Hunde und Kaninchen mittelst galvanischen Stromes keinerlei Bewegungen ausgelöst werden, die letzteren treten erst bei Versuchen an 10 Tage alten Tieren auf, und zwar erst in der vorderen und noch später in der hinteren Extremität. Auch rief die Exstirpation der motorischen Region der Hirnrinde keine Lähmung der entgegengesetzten Körperhälfte hervor. Soltmann nimmt ferner an, daß in der ersten Zeit der Entwicklung (bei 10—12tägigen Hunden) der motorischen Rindenzentren dieselben einen verhältnismäßig bedeutend größeren Umfang haben, und sie erst allmählich mit der Zunahme ihrer Zahl dieselbe Lage wie bei den Erwachsenen einnehmen.

Tarchanow bestätigte im großen und ganzen die an Hunden und Kaninchen von Soltmann erhaltenen Befunde. Tarchanow vermochte aber nachzuweisen, daß man bei Meer-

schweinchen, die bekanntlich sehend und vollständig entwickelt zur Welt kommen, nicht nur bei der Geburt, sondern schon im Schoße der Mutter Bewegungen durch Reizung der Hirnrinde auszulösen imstande ist.

Lemoine, Marcacci und Paneth behaupten dagegen, daß an nicht narkotisierten neugeborenen Hunden und Katzen mit großer Leichtigkeit bei Reizung der Hirnrinde Bewegungen der Extremitäten auszulösen sind.

Crosnier de Varigny und Langlois bestätigten die Ergebnisse von Soltmann, bedienten sich aber zur Narkose des Chlorals.

Bechterew fand gleich Soltmann und Tarchanow Unerregbarkeit der Hirnrinde bei neugeborenen Hunden; bei Katzen war die Hirnrinde bereits am 2. Tage erregbar. Bechterew scheint es, daß die Rindenzentren schon vom 1. Tage ihrer Entwicklung, d. i. also am 10. Lebenstage, dieselbe Ausdehnung haben wie beim Erwachsenen und gibt an, daß die Reizung der Rindenzentren in der ersten Zeit ihres Bestehens eine Bewegung der entsprechenden Extremität in toto hervorruft und nur allmählich Zentren für die Bewegung einzelner Muskelgruppen sich bilden. Epileptische Anfälle dagegen konnte Bechterew selbst bei 1 Monat alten Welpen nicht auslösen. Bechterew lenkt auch auf den bemerkenswerten Befund hin, daß die Rindenzentren in der ersten Zeit ihrer Entwicklung auffallend ermüden.

Außer der Erregbarkeit der Hirnrinde Neugeborener wurde von Soltmann, Beaunis und Bechterew auch die Erregbarkeit der übrigen Hirnteile neugeborener Tiere geprüft.

Soltmann fand, daß beim neugeborenen Hunde Reizung der inneren Kapsel zwischen Linsenkern und Sehhügel Bewegungen auslöst, während Bechterew dabei keine Bewegungen konstatieren konnte.

Beaunis fand bei Hunden, Katzen und Kaninchen, daß seit den ersten Tagen nach der Geburt die Reizung der Vierhügel Bewegungen des Augapfels und die Reizung der Kleinhirnrinde dieselben Bewegungen des Augapfels und der Extremitäten herbeiführt, während die Großhirnrinde auf Reizung noch unerregbar ist.

Bechterew (1889) fand, daß bei soeben geworfenen Hunden am verlängerten Mark und der Brücke nur die inneren Abschnitte der Haube erregbar sind; die äußeren Teile derselben, sowie auch die Pyramiden sind dagegen vollständig

unerregbar. Wird das Kleinhirn entfernt und die Elektroden an das verlängerte Mark oder an den unteren Abschnitt der Brücke nahe der Mittellinie angesetzt, so erhält man dieselben Erscheinungen wie bei Reizung der Vorderstränge oder der vorderen Seitenstrangteile des Rückenmarkes: bei jeder Reizung treten beim Hunde tonische Kontraktionen der Muskeln beider Körperhälften auf.

Die obere Grenze der erregbaren inneren Teile der Brückenhaube fällt mit der Lage des netzförmigen Kernes zusammen. Über dem letzteren hört die Erregbarkeit plötzlich auf und nur, wenn man die Elektroden in der Richtung zur Mittellinie hin einsenkt, erhält man von dem Raume aus zwischen der unteren Brückenhälfte und der oberen Grenze des vorderen Zweihügels noch schwache Bewegungen in den Gliedern des Tieres. Die ganze Gegend der Hirnschenkel, des Vierhügels, sowie die höher gelegenen Gehirnteile erweisen sich bei neugeborenen Hunden bei elektrischer Reizung unerregbar. Soltmann dagegen fand um diese Zeit schon die innere Kapsel zwischen Linsenkern und Sehhügel beim Hunde erregbar, und Bary fand in einigen Fällen sogar die Hirnrinde erregbar.

Ungefähr 5—6 Tage nach der Geburt treten nach Bechterew beim Hunde die ersten Bewegungen auf die Reizung des Sehhügels ein. In demselben erweisen sich als erregbar nur die tieferen Teile des hinteren, äußeren Abschnittes; man erhält krampfhafte tonische Kontraktionen des Gesichtes und der Extremitäten der gegenüberliegenden Körperhälfte nebst Krümmung des Rumpfes mit der Konkavität zur entgegengesetzten Seite. Zur selben Zeit wird auch die Gegend der hinteren Zweihügel erregbar, indem durch Reizung die Glieder der gegenüberliegenden Körperhälfte bewegt werden.

Die innere Kapsel und die weiße Substanz der Großhirnhemisphären soll am 5. bis 6. Tage noch unerregbar sein für den elektrischen Strom. Erst vom 10. bis 13. Tage an, wenn die motorischen Rindenzentren erregbar werden, fängt auch die Reizung des hinteren Abschnittes der inneren Kapsel, sowie die Reizung der unter der Sigmoidalwindung befindlichen Fasern an Muskelbewegungen der gegenüberliegenden Körperhälfte herbeizuführen.

Die Oberfläche der Kleinhirnhemisphären fand Bechterew entgegen Beaunis gleich nach der Geburt nicht erregbar, ebenso auch nicht die Binde- und Brückenarme. Nur beim Einsenken

der Elektroden in die Gegend des hinteren Kleinhirnschenkels und in die Tiefe des inneren Abschnittes der Kleinhirnhemisphäre sah er bei neugeborenen Hunden Drehen und Abwenden des Kopfes und Rumpfes zur gereizten Seite. Dasselbe Ergebnis bekam er bei einseitiger Reizung des vorderen Abschnittes vom oberen Wurm bei neugeborenen Hunden, während die Reizung beiderseits der vorderen Wurmgegend mittelst eingestochener Elektroden Heben und Rückwärtsneigen des Kopfes veranlaßt. Am 5. bis 8. Tage nach der Geburt ist beim Einsenken der Elektroden in die Gegend des Bindearmes Abwenden des Kopfes und des Rumpfes zur entgegengesetzten Seite hin zu sehen. Zu Ende der 2. Woche oder etwas früher fängt sich auch die Erregbarkeit der Kleinhirnhemisphäre an einzustellen: deutliches Drehen des Kopfes und Rumpfes zur entgegengesetzten Seite hin.

Die Erregbarkeit dieser einzelnen Hirnbezirke entsteht ebenfalls erst mit dem Auftreten des Markes in den betreffenden Bezirken.

Beim neugeborenen Hunde ist nach Bechterew die Anzahl der markumhüllten Fasern des Gehirnstammes eine beschränkte: außer den Nervenwurzeln (Hirnnerven, siehe dort) sind bei ihnen noch die Fasern, welche nach oben eine unmittelbare Fortsetzung der Fasern des Grundbündels der Vorder- und Seitenstränge bilden und noch einige von den queren und bogenförmigen Fasern der Formatio reticularis mit Markscheiden umgeben. Im Kleinhirn ist nur das Kleinhirn-Seitenstrangbündel und angeblich ein Faserbündel markhaltig, welches die obere Olive mit dem Kleinhirn verbindet (? wahrscheinlich irrtümlich das Gowerssche Bündel gemeint). Alle übrigen Fasern des Hirnstammes und des Kleinhirnes des neugeborenen Hundes haben nach Bechterew kein Mark.

In den ersten Tagen nach der Geburt erhält der Trapezkörper, die laterale Schleife, viele Querfasern der Formatio reticularis und ein Teil des Strickkörpers des Hundes nach Bechterew ihr Mark. 5—6 Tage nach der Geburt tritt im hinteren basalen Teil des Sehhügels Mark auf, und in den Fasern, welche den hinteren Zweihügel mit dem netzförmigen Kern der Haube verbinden (?). Zur selben Zeit oder etwas später wird der dorsale Teil des Bindearmes markhaltig und ebenso ein Teil der Schleife.

Die Kleinhirnfasern entwickeln sich beim Hunde 10—14 Tage nach der Geburt. Zur selben Zeit kommt die Entwicklung

des Bindearmes beim Hund zum Schluß und zugleich die der Fasern aus den unteren Oliven zum Kleinhirn. Spät entwickeln sich auch die Fasern des hinteren seitlichen Abschnittes vom äußeren Felde der Formatio reticularis, während in den Großhirnhemisphären jetzt erst die Fasern Mark erhalten, welche Markbildung erst bei 4- bis 5wöchigen Hunden abschließt. Die Pyramidenbündel sind im Großhirn schon in 10—12 Tagen entwickelt.

Die Erregbarkeit geht mit der Markscheidenbildung einher. Im Hirnstamme sind beim neugeborenen Hunde nur dort von Kernen und Fasern aus Bewegungen zu erzielen, wo die (motorischen) Fasern schon ihr Mark haben (hinteres Längsbündel, Vierhügel-Vorderstrangbahn).

Da beim neugeborenen Hunde im Kleinhirn nur die Kleinhirn-Seitenstrangbahn und das Gowerssche Bündel markhaltig sind, wird auf Reizung dieser bei Einsenken der Elektroden in das Corpus restiforme und in die Tiefe des inneren Abschnittes der Kleinhirnhemisphäre, der Effekt des Drehens und Abwendens des Rumpfes und des Kopfes zur gereizten Seite bezogen, ebenso der Effekt bei einseitiger Reizung des vorderen Abschnittes des Oberwurmes (Heben und Rückwärtsneigen des Kopfes).

Die Kleinhirnhemisphären entwickeln sich nach Bechterew erst nach 10—14 Tagen und die Erregbarkeit beginnt nicht vor Ende der zweiten Woche, d. h. zu gleicher Zeit mit der Erregbarkeit der Pyramidenbündel.

Bechterew versuchte auch die Erregbarkeit des Rückenmarkes neugeborener, nicht narkotisierter Tiere, indem er das Rückenmark quer durchschnitt und den Querschnitt des peripheren und zentralen Stumpfes mit schwachen Induktionsströmen reizte.

Auf Reizung der Burdachschen Stränge des zentralen Rückenmarksstumpfes wurden krampfhafte Kontraktionen (wie nach Reizung der hinteren Wurzeln) der vom entsprechenden Rückenmarkssegment innervierten Muskeln ausgelöst. Aber auch bei Reizung der Burdachschen Stränge des peripheren Stumpfes erhält man Muskelkontraktionen, und zwar derjenigen Muskeln, deren Nerven aus dem Rückenmark gleich hinter dem Schnitt hervorgehen.

Die Burdachschen Stränge des neugeborenen Hundes sind bereits markhaltig und elektrisch erregbar, die Gollschen Stränge sind noch marklos und unerregbar.

Zwei oder drei Tage nach der Geburt sind beim Hunde die Keilstränge schon ganz markhaltig, die Gollschen Stränge aber noch marklos. Dementsprechend sind bei Tieren von diesem Alter alle Teile der Hinterstränge, mit Ausnahme ihrer innersten Abschnitte, der Gollschen Stränge, erregbar. Die Gollschen Stränge können erst am 5. Tage nach der Geburt erregt werden, um welche Zeit markhaltige Fasern darin festgestellt werden können. Bei Tieren von 5 Tagen ist das Ergebnis der Reizung der Gollschen Stränge wie beim Erwachsenen: es entstehen verschiedene reflektorische Muskelkontraktionen am Rumpf, Kopf und den Extremitäten, jedoch ohne Äußerung von Schmerz.

Vom Vorder- und Seitenstrang des peripheren Stumpfes des Rückenmarkes des neugeborenen Hundes ist nur der Vorderstrang erregbar (Vorder- und Seitenstrang-Grundbündel). Die hintere Hälfte des Seitenstranges ist unerregbar. Reizung der Vorderstränge und der vorderen Seitenstrangteile am unteren Stumpf des Halsmarkes ruft Kontraktionen der Vorderpfote, der Hinterpfote und des Schwanzes auf der entsprechenden Seite hervor. Beim neugeborenen Hunde sind nur die Vorder- und Seitenstrang-Grundbündel und das direkte Kleinhirn-Seitenstrangbündel markhaltig (Bechterew). Bei Reizung des zentralen Stumpfes wurden durch die Erregung des Kleinhirn-Seitenstrangbündels (und wohl auch der Gowersschen Bündel!) Bewegungen ausgelöst. Es traten charakteristische Kopf- und Rumpfbewegungen auf: der vordere Teil des Körpers machte eine leichte Drehung um die Längsachse zur gegenüberliegenden Seite hin, während der Kopf zur Schulter der gereizten Seite abgebogen wurde. Diese Bewegungen wiederholten sich beständig und stereotyp.

Bei 3—4 Tage alten Hunden ist schon der ganze Seitenstrangrest markhaltig; erst nach 10—12 Tagen findet man die Fasern des Pyramidenbündels markhaltig, zur selben Zeit werden sie auch für den elektrischen Strom erregbar.

Bary (1898) unternahm Versuche über die Erregbarkeit der Hirnrinde bei jungen Hunden, Katzen, Kaninchen und Meerschweinchen ohne Narkose, um die Wirkung dieser Gifte auszuschließen. Er benutzte faradische Ströme mit 10—17 cm Rollenabstand (du Bois-Reymond), als Elektroden dienten mit knopfartigen Enden versehene Platinnadeln, die Hirnrinde wurde mit physiologischer Kochsalzlösung feucht erhalten. Die Tiere (85) waren neugeborene bis zu 2 Monate alte.

Er fand gleich Soltmann, daß die Hauptgruppe der Bewegungen, die von der Rindenschicht der Großhirnhemisphäre durch Willensimpulse ausgelöst werden, beim Neugeborenen nicht existiere. Bei einer Anzahl von Tieren im Alter von 1—10 Tagen konnte er aber bei schwachen Strömen bis zu 10 cm RA. Bewegungen der Extremitäten von der Hirnrinde auslösen. Dabei wurden die Bewegungen nur bei Reizung der psychomotorischen Region in der nächsten Umgebung des Sulcus cruciatus ausgelöst, während alle übrigen Partien der Rinde vollkommen unerregbar blieben. Es trat Kontraktion der gegenüberliegenden Extremität in toto ein; Kontraktionen isolierter Muskelgruppen waren nicht zu erzielen. Die Kontraktionen der Extremitäten erfolgten mit außerordentlicher Trägheit, statt der beim erwachsenen Tiere auftretenden klonischen Zuckungen traten nur immer einmalige Kontraktionen auf. Die Rindenzentren waren sehr leicht erschöpfbar, so daß bei der dritten oder zweiten Reizung dieselben nicht mehr reagierten. Außerdem gelang es niemals bei jungen Tieren einen epileptischen Anfall auszulösen. Bei Verstärkung des Stromes auf 4—8 cm RA. traten tonische Kontraktionen in allen Extremitäten gleichzeitig auf, die aber mit keinem epileptischen Anfall zu vergleichen sind. Es folgten nie klonische Zuckungen, und die tonischen hörten auch sofort auf, sobald die Elektroden von der Hirnrinde gelüftet wurden. Ein typisch epileptischer Anfall konnte erst beim 2 Monate alten Hunde ausgelöst werden.

Ebenso konnte Bary die übrigen Befunde Soltmanns bestätigen. Die Latenzperiode bei Reizung der Rinde ist nach François Franck und Pitres, Bubnoff und Heidenhain, Novi und Grandis beim erwachsenen Tiere 0,05—0,1″, nach Bary beim Tiere unter 10 Tagen im Mittel 0,4, beim 10tägigen Hunde 0,09″.

Die Latenzperiode beim jungen Tiere ist also etwa 3mal so lang als beim erwachsenen. Es findet eine Verlangsamung der Nervenleitung im Zentralnervensystem statt. Beim 4tägigen Hunde war die Latenzperiode 0,4″, beim 10tägigen 0,14″, beim 16tägigen 0,11″.

Ebenso fand Bary gleich Soltmann, daß die Zuckungsdauer bei Reizung der Rinde 1—10 Tage alter Tiere bedeutend länger ist (0,34″), während sie beim erwachsenen nach Franck und Pitres (0,04″) länger ist, und daß die Reihe klonischer Zuckungen beim Neugeborenen in der Kurve fehlen und die

letztere langsam ansteigt und abfällt. Erst beim 1monatigen Hunde findet sich ein vollständig ausgeprägter Klonus.

Gleich Soltmann, Tarchanow und Langlois fand Bary bezüglich der Tierspezies, daß sich kein diesbezüglicher Unterschied zwischen Katzen und Hunden findet, daß die Rinde des Meerschweinchens schon von Geburt an leicht erregbar ist, während es beim jungen Kaninchen mit schwachen Strömen nicht gelingt, Bewegungen auszulösen. Bei Tieren, die in der Entwicklung zurückgeblieben waren, konnten öfters auch nach 10 Tagen gleiche Befunde wie beim Neugeborenen erhoben werden. Andererseits können auch bei jungen Tieren Erscheinungen auftreten, die sonst bei neugeborenen fehlen. Beim 5tägigen Kätzchen konnte eine deutlich wahrnehmbare Beugung der Zehen, ohne von einer anderen Bewegung begleitet zu sein, ausgelöst werden. Ebenso konnten bei einem 7- und 9tägigen Hunde Einzelbewegungen ausgelöst werden.

Auch aus diesen Versuchen geht hervor, daß sich die Rindenzentren allmählich bilden und beim Neugeborenen äußerst unvollkommen sind. Erst bilden sich die Bewegungen der Extremitäten in toto und dann die feineren Einzelbewegungen. Vom 10. Tage an sind bei Hund und Katze ausschließlich Zentren für Einzelbewegungen da. Mit einiger Wahrscheinlichkeit sollen als erste Zentren die Bewegungen des Schulterblattes sowie der Zehen auftreten. Nahezu gleichzeitig sollen sich die Zentren für die Bewegungen des Ellbogengelenkes entwickeln, während die Adduktion und Abduktion des Vorderarmes erst später (im Alter von 2 Wochen) auftreten, zugleich mit den Bewegungen des Handgelenkes.

Bezüglich der hinteren Extremität entwickeln sich zuerst die Zentren für die Bewegung im Hüftgelenk (im Alter von 9—10 Tagen), viel später des Sprunggelenkes (24 Tage).

Die Zentren der koordinierten Augenbewegungen des Hundes waren im Alter von 19—24 Tagen entwickelt.

Ohrenbewegungen konnten beim 7tägigen Hunde ausgelöst werden. Rumpfbewegungen konnten bei 19tägigen Katzen und 25tägigen Hunden ausgelöst werden. Schwanzbewegungen bei 14tägigen Katzen und 75tägigen Hunden.

Bechterew konnte vom Zentrum der Ohrbewegungen gegenüber Bary solche erst ungefähr nach einer Woche, nachdem schon Gliederbewegungen vom Gyrus sigmoideus ausgelöst werden konnten, hervorrufen.

Steiner (1895) unternahm es, festzustellen, wann die

übrigen Sinnessphären, insbesondere die durch Munk studierte Sehsphäre, welche zur Zeit Soltmanns noch unbekannt war, auf der Großhirnrinde erscheinen. Schäfer, Munk (1888), Steiner (1891) und später noch andere Autoren hatten gefunden, daß die elektrisch gereizte Sehsphäre des Affen und des Hundes diese Reizung mit assoziierten Augenbewegungen und einer Kopfbewegung beantwortet, welche nachweisbare Folgen des Sehens sind. Unter dieser Voraussetzung hat man demnach nur die Sehsphäre des Großhirnes in der oben angegebenen Weise zu reizen und den Effekt dieser Reizung auf Augen und Kopf zu beobachten, um mit aller Sicherheit über das Vorhandensein der Sehsphäre der jüngsten Tiere ein Urteil zu gewinnen.

Steiner begann mit 2 Tage alten Tieren und stieg allmählich auf. Zur Beobachtung der Reizung wurden die geschlossenen Augenlider künstlich geöffnet.

In den ersten Lebenstagen waren weder die motorische Sphäre, noch die Sehsphäre erregbar. Als am 9. bis 10. Tage die motorische Sehsphäre erregbar geworden war, weigerte die gereizte Sehsphäre, obgleich die Augenlider sich spontan geöffnet hatten, immer noch jede Antwort, d. h. die Reizbarkeit der Sehsphäre erscheint auf der Hirnrinde jedenfalls später als die der motorischen Sphäre. Nunmehr folgte die Prüfung vom 10. bis 20. Tage, wobei es nur darauf ankommen kann, die unterste Grenze für den Eintritt der Erregbarkeit festzustellen. Es fand sich, daß bei Kätzchen von 14 und mehr Tagen die Sehsphäre reaktionsfähig in der Weise sich zeigte, als sie elektrisch gereizt assoziierte Augenbewegungen und die Kopfbewegung nach der gekreuzten Seite gab.

Bei einer größeren Anzahl von jungen Katzen ergab sich in dieser Weise, daß die Sehsphäre am 14. bis 16. Tage erschienen war, d. h. bei Tieren desselben Wurfes zum Beispiel erst am 15. Tage, bei einem anderen Wurfe sogar erst am 16. Tage. Auch konnte dieses Verhältnis innerhalb desselben Wurfes variieren. Als Ergebnis dieser Untersuchung stellte sich heraus, daß der 14. Tag das früheste Datum war, an dem die Reizbarkeit der Sehsphäre auf der Hirnrinde der Katze erscheint. Die Variationen zwischen 14 und 16 Tagen erklären sich wohl aus der Verschiedenheit der Rasse, dem verschiedenen Ernährungszustand der einzelnen Individuen innerhalb desselben Wurfes und vielleicht noch aus anderen Bedingungen.

Diese physiologischen Untersuchungen stimmen völlig mit der Markscheidenentwicklung überein, indem bei der Katze am 15. bis 16. Tage das Bündel vom äußeren Kniehöcker in den hintersten Teil des Gyrus marginalis und Gyrus postsplenialis (die zentrale Sehbahn) markhaltig wird.

Die physiologischen Untersuchungen Steiners bezüglich der Sehsphäre des Kaninchens ergaben, daß die Reizbarkeit derselben mit dem 15. Tage erscheint. Die Differenz von einem Tage gegenüber der Katze will nicht viel bedeuten, da es auch bezüglich der Markentwicklung bekannt ist, daß nicht bei allen Tieren derselben Spezies genau am gleichen Tage die Reifung bestimmter Bündel eintritt, die einzelnen Tierspezies bezüglich der Markentwicklung Unterschiede zeigen, so erfolgt die Markbildung der einzelnen Bahnen beim Hunde meit 1 bis 2 Tage später wie der entsprechenden bei der Katze.

Die Sehsphäre erscheint also bei der Katze 4—5 Tage nach der motorischen Sehsphäre. Auch äußerlich ist der Unterschied zwischen einem 10- und 15tägigen Kaninchen (und Katze) ein sehr deutlicher: das 15tägige Tier ist deutlich sehend, denn es scheut ganz lebhaft, wenn man es zu fassen sucht, während ein Tier von 10 Tagen ruhig sitzen bleibt. Zugleich beobachtet man, daß die Cornea dieser letzteren Tiere noch nicht ganz klar und durch die ganze Dicke hindurch leicht rauchig getrübt ist, während die älteren Tiere (von etwa 15 Tagen) eine vollkommen klare und durchsichtige Cornea besitzen, wie ihre völlig erwachsenen Gefährten.

Beim Meerschweinchen, welches angeblich schon entwickelt geboren wird, wie Bechterew für das Pferd, Rind und Meerschweinchen annahm, fand Steiner die motorische Zone am Tage nach der Geburt auf den elektrischen Strom reagieren, wie es schon Tarchanow fand, die Sehsphäre ist um diese Zeit jedoch noch nicht erregbar, sondern erst am 5. Tage. Daraus ersieht man, daß auch das Meerschweinchen bei der Geburt noch unfertig ist, daß auch bei ihm postembryonale Entwicklungen folgen, wie die eben geschilderten, und vielleicht noch manche andere, die unserer Erkenntnis bisher entgangen sind.

Die Sehsphäre des Hundes fand Steiner weder am 26. noch 34. Tage, sondern erst am 40. Tage reagieren. Am 23. Tage zeigte sich, daß der Hund überall gegen die Möbel noch anstieß, dagegen dem Lockrufe der Stimme in gerader Linie folgte. Unterbricht man die Lockung, so bleibt der Hund

ratlos stehen. (Diese Hündchen benehmen sich in der angegebenen Richtung genau wie erwachsene Hunde, denen man beide Sehsphären abgetragen hat.) In gleicher Weise wie die Stimme wirkt das Geräusch, welches der beschuhte Fuß beim Gehen macht. Läuft man auf Strümpfen, ohne irgend ein Geräusch zu erzeugen, so bleibt der Hund ruhig auf seinem Platze stehen. Das will heißen, daß der Hund von 23 Tagen noch blind ist, trotz seiner offenen Augen, daß aber sein Gehör deutlich entwickelt ist.

Dieses Verhältnis gibt zu Täuschungen sehr leicht Veranlassung insofern, als man glaubt, daß der Hund, da er durch den Lockruf unterstützten Fingerbewegungen folgt, zu sehen vermag, während er in der Tat noch blind ist, und nur folgt vermöge seines vor dem Gesichte entwickelten Gehörs.

Das gleiche ist für den Geruchsinn zu konstatieren, welcher ebenfalls wie das Gehör vor dem Gesichtssinne entwickelt ist. Derselbe (23tägige) Hund findet den auf den Boden geworfenen Brocken Fleisch, nicht weil er ihn sieht, sondern weil er ihn riecht.

Wie sich Gehör und Geruch in zeitlicher Entwicklung zueinander stellen, stellte Steiner nicht fest, wir wissen aber aus den neuesten anatomischen Untersuchungen Flechsigs (ontogenetisch) und den vergleichend anatomischen Untersuchungen Edingers (phylogenetisch), daß die Riechrinde früher als die Hörrinde entwickelt ist, und dies wahrscheinlich auch physiologisch zu bekräftigen sein wird.

Das Hündchen von 34 Tagen stößt nicht mehr gegen die Möbel an, scheint dem Menschen zu folgen, auch ohne Lockruf; es geht aber die Treppe nicht herunter. Zweifellos ist dieses Hündchen sehend, ob sein Gesicht schon völlig entwickelt ist, zeigt folgendes: Bietet man diesem Hunde aus einiger Entfernung ein Fleischstückchen so an, daß es sich gerade gegenüber seinem Gesichte befindet, so springt er danach und sucht es zu erhaschen: ohne Zweifel sieht er das Objekt. Fährt man damit aber zur Seite seines Gesichtes oder läßt es seitlich fallen, so ist es seinem Gesichtskreis entschwunden; er folgt mit dem Blicke oder mit einer entsprechenden Kopfbewegung nicht zur Seite, sondern bleibt verwundert stehen mit gleichsam fragendem Blicke.

Dieser 34tägige Hund sieht also wohl, aber sein Sehen ist noch nicht völlig ausgebildet, insofern, als er nur die Gegenstände sieht, welche sich in der Richtung der Sehlinie

befinden, peripher im Gesichtsfeld gelegene Objekte ihm hingegen verschwinden.

Die Sehsphäre dieses 34tägigen Hundes ist dem elektrischen Strome gegenüber noch unerregbar. Erst wenn der Hund desselben Wurfes 40 Tage alt geworden ist, macht sein ganzes Treiben den Eindruck eines erwachsenen Hundes; hält man ihm ein Fleischstück vor, so schnappt er danach und folgt mit seinem Blicke und dem Kopfe dem Fleischstücke, wenn es seitlich verschwindet oder zu Boden fällt; er weiß es auch jetzt zu finden. Die Sehsphäre dieses Hundes erweist sich dem elektrischen Strome gegenüber erregbar.

Mittelst dieser Reizmethode der Sehsphäre wird eigentlich direkt nur der Zeitpunkt gefunden, wann die von mir beschriebenen Rinden-Zweihügelfasern zu funktionieren beginnen. Diese Rinden-Zweihügelfasern werden in der Sehsphäre zuletzt markhaltig. Der Rindenreizeffekt hält also mit der Markbildung dieser Fasern gleichen Schritt. Die eigentlichen zentralen Sehfasern und das Funktionieren des Sehens sind schon vorher entwickelt. Döllken gibt an, daß am 14. Tage beim Hunde Bündel aus dem inneren Kniehöcker in den Gyrus marginalis und postsplenialis ziehen, der Hund wird aber nach Steiner erst am 34. Tage sehend. Jedenfalls sind hier noch entsprechend genauere Markscheidenentwicklungsstudien anzustellen, welche wahrscheinlich die Übereinstimmung mit den physiologischen Experimenten ergeben können.

Die Sehsphäre des Hundes ist demnach etwa am 40. Lebenstage fertig, d. h. viel später als bei Katzen und Kaninchen. Diese langsame Entwicklung der Sehsphäre gestattete Steiner einen tieferen Einblick in den Gang des Werdens: das Hündchen hat offene Augen mit etwa 14 Tagen und ist im Alter von 24 Tagen noch nicht imstande Hindernissen auszuweichen, stößt gegen dieselben an, scheint also noch nicht zu sehen, obgleich der ganze peripherische Sehapparat dem des erwachsenen Tieres gleicht. Um die Zeit hört und riecht das Tierchen ganz deutlich. Etwa 10 Tage später, mit 34 Tagen, weicht es richtig den Hindernissen aus; muß also wohl sehen, sieht indes doch noch anders als ein erwachsenes Tier, insofern, als es zwar direkt sieht, aber noch unfähig ist, den peripheren Objekten des Gesichtsfeldes mit seinem Blicke zu folgen. Solches tritt erst mit dem Alter von 40 Tagen ein. Es ist leicht möglich, daß bei einer größeren Reihe von Beobachtungen die absolute Bestimmung der hier angegebenen

Tagesdaten sich um einige Tagesdaten verschieben könnte, Steiner kam es aber nur darauf an, zu zeigen, daß die Sehsphäre des Hundes zu ihrer Entwicklung eine so viel längere Zeit in Anspruch nimmt, als jene von Meerschweinchen, Katzen und Kaninchen. Bechterew (1889) konnte konjugierte Augenbewegungen vom Hinterhauptslappen des Hundes ebenfalls nicht vor Schluß des ersten Monates auftreten sehen.

Sehr richtig bemerkt Steiner, daß er mit der von ihm angewandten Methode nicht den Moment, wo das Individuum zum erstenmal sieht, bestimmte, sondern den Zeitpunkt, in welchem die Sehsphäre ihre vollständige Entwicklung erreicht hat, wo der Sehapparat allen Anforderungen des einfachen, sowie des körperlichen Sehens und der Orientierung im Raume genügt.

Steiner schließt daraus, daß der Hund angesichts seiner höheren Intelligenz ein viel höher entwickeltes Gehirn besitzt als Kaninchen und Katzen, und daraus, daß beim Hunde die Erregbarkeit der Sehsphäre viel später eintritt als bei diesen Tieren, die Sehsphäre bei dem doch noch wesentlich höher stehenden Menschen wiederum viel später zur Entwicklung kommt.

Wann dieser Zeitpunkt für den neugeborenen Menschen eintreten wird, können wir analog dem Hundehirn annehmen für den Augenblick, wo der neugeborene Mensch die Fähigkeit zeigt, periphere Objekte wahrzunehmen, sich im Raume zu orientieren.

Diesen Zeitpunkt kann man durch die Beobachtung feststellen. Raehlmann unterscheidet in der Entwicklung des Gesichtssinnes des Kindes zwei Zeitepochen, nämlich die 5. Woche, innerhalb welcher das Kind die Fähigkeit zeigt, einen Gegenstand zu fixieren, der sich in der Richtung der Sehlinie befindet; dagegen fehlen noch jene Augenbewegungen, welche den Zweck haben, periphere Objekte zu fixieren.

Als zweite Epoche bestimmte Raehlmann den 5. Monat, wo das Kind Blickbewegungen zeigt, welche die Blicklinie im Raume verschieben und die vornehmlich der Orientierung im Raume dienen.

Die zweite Zeitepoche bestimmte Steiner beim Hunde für den 40. Tag. Auf diesem Wege kann nun geschlossen werden, daß beim Kinde die Sehsphäre im 5. Monat entwickelt ist und die elektrische Reizung mit assoziierten Augenbewegungen und entsprechender Kopfbewegung beantworten würde.

Auf dem Wege der Beobachtung fand Kußmaul, daß beim neugeborenen Menschen der Geschmackssinn bereits in seiner wesentlichen Empfindungsform tätig zu sein vermag. Er untersuchte über 20 Neugeborene mittelst Zucker- und Chininlösung und fand bei dieser Prüfung der Neugeborenen dieselben mimischen Bewegungen, welche bei Erwachsenen als Gesichtsausdruck der süßen und bitteren Geschmacksempfindung bezeichnet werden.

Das Tastgefühl fand Kußmaul bei den Neugeborenen ebenfalls vorhanden. Das Gefühl der Lippen soll sehr fein sein, Erregung ihrer Tastnerven wird mit Saugbewegungen beantwortet. Kitzeln der Nasenflügel ruft Zwinkern der Augenlider hervor. Die Wimperhaare der Augenlider sind gegen die leiseste Berührung außerordentlich empfindlich. Kitzeln der Handfläche ruft Kontraktionen der Finger hervor, Kitzeln der Sohlen Bewegungen im Knie- und Hüftgelenk.

Auch das Gefühl für Kälte und Wärme soll schon vorhanden sein.

Bezüglich des Geruchsinnes gibt Kußmaul an, daß starke Gerüche vom Neugeborenen bereits unangenehm empfunden werden; die Neugeborenen scheinen aber sehr rasch für die starken Gerüche abgestumpft zu werden. (Rasche Ermüdung wie bei experimenteller Reizung der Fühlsphäre.) Achtmonatige Früchte sollen schon Gerüche empfinden.

Bezüglich des Gesichtssinnes fand Kußmaul, daß schon in den ersten Stunden nach der Geburt die Pupille lebhaft spielt und eng und weit wird, je nach Stärke des einfallenden Lichtes. Auch der Versuch von Weber gelang schon. Pfister, der 300 Kinder untersuchte, fand, daß der Blinzelreflex in der 6. bis 8. Woche zuerst auftritt, vom 4. Monat an aber stets vorhanden ist. Ihm schließt sich bezüglich des zeitlichen Auftretens die durch Hautreize hervorgerufene Pupillenerweiterung an, welche gegen das Ende des 2. Monates schon auftritt. Zuletzt tritt die durch akustische Reize hervorgerufene Dilatation der Pupille auf.

Nächst dem Lichtreflex ist der Cornealreflex der am regelmäßigsten und frühesten vorhandene Reflex. Die durchschnittliche Pupillenweite nimmt vom 1. Lebensjahre an ständig zu, anfangs rascher, später nur langsamer. Den Durchschnittswerten der Pupillengröße der Erwachsenen tritt die kindliche Pupille bereits im 2. bis 3. Lebensjahre nahe. Die mittlere Reaktionsamplitude der Pupille nimmt vom 1. Lebensmonat

ebenfalls ständig zu und erreicht erst nach dem 6. Lebensjahr den doppelten Wert des 1. Monates. Hippus konnte nur in 1% der Fälle nachgewiesen werden, und zwar 2mal ohne nachweisbare Ursache.

Kußmaul fand, daß das Sehorgan eines Siebenmonatkindes nicht nur geeignet war, Licht zu empfinden, sondern es erweckte auch mäßiges Licht wenigstens 14 Stunden nach der Geburt ein Gefühl von Lust und veranlaßte das Kind ihm nachzusehen. Bei zahlreichen Versuchen gelang es aber Kußmaul nicht, wachende Kinder aus den ersten 8 Tagen zu bewegen im dunkeln Zimmer den Bewegungen einer vor ihren Augen hin- und hergeführten leuchtenden Kerze zu folgen oder im mäßigen Tageslichte einen glänzenden Gegenstand zu fixieren. Erst später lernen die Kinder Gegenstände fixieren, vielleicht von der 3. bis 6. Woche an. Kinder von 6 Wochen sollen nach Kußmaul bestimmt Gegenstände fixieren.

Von allen Sinnen schlummert das Gehör am tiefsten. Feldbausch konnte sich jedoch einigemal mit Bestimmtheit überzeugen, daß schlafende Kinder in den Betten zusammenfuhren, wenn bei tiefer Stille stark in die Hände geklatscht wurde.

Das Schmerzgefühl der Neugeborenen ist geringer als bei Erwachsenen. Unzweifelhaft gehe aber das Geschrei der Neugeborenen gleich nach der Geburt aus Empfindungen schmerzhafter Art hervor.

Auch Muskelgefühle sind beim Neugeborenen schon da, die bekannten zuckenden Bewegungen, welche gesunde Früchte im Eiwasser vollziehen, sowie die Bewegungen gesättigter Säuglinge gehen aus Muskelempfindungen hervor.

Etwa 6 Stunden nach der Geburt, zuweilen auch später, 12—24 Stunden, pflegt das Kind deutlich zu verraten, daß es von Gemeinempfindungen, von Hunger und Durst, heimgesucht werde.

Diese, auf dem Wege der Beobachtung gewonnenen Ergebnisse Kußmauls stehen mit den exakteren Untersuchungen Steiners beim Hunde in teilweisem Widerspruche; man muß dabei bedenken, welche Schwierigkeiten bei einfacher Beobachtung des Kindes gegenüberstehen. Kußmaul selbst weist darauf hin, wie schwierig es ist, die Seele anderer sprachloser Naturwesen zu erkennen, da wir sie nur mittelbar aus ihren Bewegungen erschließen können, ein und dieselbe Bewegung aber häufig ebenso gut seelisch als mechanisch bedingt sein kann.

Preyer fand ähnlich Kußmaul auf dem Wege der Beobachtung, daß das neugeborene Kind in den ersten Wochen im eigentlichen Sinne nicht sieht. Anfangs unterscheidet es nur hell und dunkel und erkennt den Wechsel beider sogleich nur, wenn ein großer Teil des Gesichtsfeldes beleuchtet oder beschattet wird. Die Augenbewegungen neugeborener Menschen sind nicht koordiniert und nicht assoziiert, sondern in den ersten Tagen vorwiegend atypisch. Das Fixieren und deutliche Sehen bildet sich langsam aus.

Das Hören des neugeborenen Kindes ist nach Preyer so unvollkommen, daß man jedes neugeborene Kind taub nennen muß.

Die Berührungsempfindlichkeit ist in den ersten Lebensstunden viel geringer als später, der Temperatursinn ist noch nicht vorhanden. Gegen schmerzhafte Eingriffe, welche nur wenige Hautnerven treffen, zeigen sich Neugeborene unempfindlich.

Von allen Sinneswerkzeugen ist beim neugeborenen Kinde das des Geschmackes bei der Geburt am besten ausgebildet. In der ersten Stunde nach der Geburt können manchmal normale Kinder schon angenehme und unangenehme Gerüche unterscheiden.

Flechsig hat durch seine wichtigen Untersuchungsmethoden die anatomische Grundlage für dieses allmähliche Entwickeln der einzelnen Sinne erbracht, indem sich zuerst die zentrale sensible Leitung für den Tastsinn und Geruchsinn, dann für den Gesichtssinn und zuletzt für den Hörsinn entwickelt. Allerdings kommen auch für die anatomische Entwicklung Ausnahmefälle vor.

# Literatur.


Abundo. Contributo allo studio della mielinizzazione nelle vie di projezione del sistema nervoso centrale. Communicazione 1897. Catania.

Alzheimer. Ein Beitrag zur pathologischen Anatomie der Epilepsie. Monatsschrift für Psychiatrie. Bd. 4. 1898. S. 345.

Anton. Über angeborene Erkrankungen des Zentralnervensystems. Wien 1890. Hölder.

—— Ein Fall von Mikrocephalie mit schweren Bewegungsstörungen. Wiener klinische Wochenschrift. 1889. No. 5.

Anrep. Über die Entwicklung der hemmenden Funktionen bei Neugeborenen. Pflügers Archiv für Physiologie. Bd. 21. S. 78

Ambronn und Held. Über die Entwicklung und Bedeutung des Nervenmarkes. Archiv für Anatomie und Physiologie. Anatomische Abteilung. 3. und 4. Heft. 1896.

Arborio. Ric. istol. sul mantello grigio del cervello dei bambini dalla nascità ad un anno compiuto. Annali di Neurol. Bd. 13. S. 223.

Argulinsky. Über eine regelmäßige Gliederung in der grauen Substanz des Rückenmarkes bei Neugeborenen und über die Mittelzellen. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. 48. S. 496.

—— Über die Gestalt und Entstehungsweise des Ventriculus terminalis und über das Filum terminale bei Neugeborenen. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. 52. S. 525.

Bary. Über die Entwicklung der Rindenzentren. Archiv für Anatomie und Physiologie. 1898. Heft 6. Physiologische Abteilung.

Beaunis. Nouveaux élements de physiologie humaine. 3e édition. T. II. S. 726.

Bechterew. Über die Erregbarkeit der motorischen Hirnrindenzentren bei neugeborenen Welpen. Wratsch 1886. No. 34 und Archives slaves de Biologie 1886.

—— Über die Erregbarkeit einzelner Rückenmarksbündel neugeborener Tiere. Wratsch 1887. No. 22 und Neurologisches Zentralblatt. 1888. S. 154.

—— Die Leitungsbahnen des Gehirnes. 1899. Leipzig.

—— Über die Erregbarkeit verschiedener Hirnrindenbezirke bei neugeborenen Tieren. Neurologisches Zentralblatt. 1889. S. 513.

—— Über die Entwicklung der Zellen der Hirnrinde. Obozrenje psich. No. 8. 1899.

—— Über die Erregbarkeit der Hirnrinde bei neugeborenen Tieren. Obozrenje psich. nevrol. No. 7. 1897.

Below. Archiv für Anatomie und Physiologie.

Berger. Experimentelle anatomische Studien über die durch den Mangel optischer Reize veranlaßte Entwicklungshemmung im Occipitallappen des Hundes und der Katze. Archiv für Psych. Bd. 33. S. 551.

Bernheimer. Über die Entwicklung und den Verlauf der Markfasern im Chiasma Nervi opt. des Menschen. Habilitationsschrift Heidelberg 1889.

Bernstein. Über den Erregungsvorgang im Muskel und Nerven. Heidelberg 1871.

Bertillon. L'indice encéphalo cardiaque. Bull. de la société d'Anthropol. etc. Sitzung vom 3. März 1887.

Besser. Zur Histogenese der nervösen Elementarteile in den Zentralorganen der neugeborenen Menschen. Archiv für patholog. und klin. Med. 1866.

Boll. Die Histologie und die Histogenese der nervösen Zentralorgane. Archiv für Psych. 1874.

Boyd. Tables of the weights of the human body and internal organs in the sane and insane. Philosph. Transact. 1861, 1862. London. V. 151. S. 241.

Bubnoff und Heidenhain. Archiv für die gesamte Physiologie. 1881. Bd. 26. S. 137.
Buchholz. Über das Vorkommen von Karyokinesen in Zellen des Zentralnervensystems von neugeborenen und jungen Hunden und Kaninchen. Neurolog. Zentralblatt. 1890. S. 140.
Buchstab. Beitrag zur Frage von den Gewichts- und Größenverhältnissen des Gehirnes. Inaug.-Diss. St. Petersburg 1884 und Neurologisches Zentralblatt. 1885. S. 58.
Crosnier de Varigny. Recherches expér. sur l'excitabilité des circonvolutions cérébrales. Paris 1884.
Danielbekof. Materialien zur Frage über das Gewicht und das Volumen des Gehirns etc. Disser. Petersburg 1885.
Debierre. La moelle épinière et l'encéphale de l'homme suivis d'un aperçu sur la Physiol. de l'esprit. Paris 1894.
Dejerine. Anatomie des centres nerveux. Paris. 1895.
—— Sur les fibres de projection el d'association des hémisphères cérébraux. Soc. de Biol. 1897.
Döllken. Zur Entwicklung der Schleife und ihrer Verbindungen. Neurologisches Zentralblatt. 1899. S. 50.
—— Die Reifung der Leitungsbahnen im Tiergehirn. Neurologisches Zentralblatt. 1898. S. 996.
Ecker. Zur Entwicklungsgeschichte der Furchen und Windungen der Gehirnhemisphären im Foetus des Menschen. Arch. f. Anthropologie. Bd. 3. S. 203.
Edinger. Nervöse Zentralorgane. Leipzig 1896.
—— Über die Entwicklung des Rindensehens. 1895. Archiv für Psych. Bd. 27.
—— Über die Entwicklung der Gehirnbahnen in der Tierreihe. Allgemeine medizinische Zeitung. 1896. S. 649.
Erb. Elektrotherapie. S. 281.
—— Deutsches Archiv für klinische Medizin. V. Bd. 1869.
Escherich. Traité des maladies de l'enfance.
Ferrier und Turner. An experimental research upon cerebrocortical afferent and efferent tracts. Proc. of the Royal Soc. V. 57.
Flechsig. Die Leitungsbahnen im Gehirn und Rückenmark. Leipzig 1876.
—— Zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Leitungsbahnen im Gehirn des Menschen. Archiv für Anatomie und Physiologie. 1881.
—— Zur Entwicklung der Markscheiden im Gehirn. Neurologisches Zentralblatt. 1896. S. 623.
—— Über ein neues Einteilungsprinzip der Großhirnoberfläche. Neurologisches Zentralblatt. 1894.
—— Zur Entwicklungsgeschichte der Assoziationssysteme. Neurologisches Zentralblatt. 1894.
—— Gehirn und Seele. Leipzig 1896.
—— Weitere Mitteilungen über die Sinnes- und Assoziations-Zentren des menschlichen Gehirns. Neurologisches Zentralblatt. 1895. S. 1118 und 1177.
—— Die Lokalisation der geistigen Vorgänge, insbesondere der Sinnesempfindungen des Menschen. Leipzig 1896.
—— Weitere Mitteilungen über den Stabkranz des menschlichen Großhirnes. Neurologisches Zentralblatt. 1896. S. 2.
—— Zur Anatomie des vorderen Sehhügelstieles, der Cingulums und der Acusticusbahnen. Neurologisches Zentralblatt. 1897. S. 290.
—— Neue Untersuchungen über die Markbildung in dem menschlichen Grosshirn. Neurologisches Zentralblatt. 1898. S. 977.
—— Succesive Entwicklung der Leitungsbahnen des Großhirnes. Neurologisches Zentralblatt. 1899. S. 1060.
—— Über die entwicklungsgeschichtliche Flächengliederung der Grosshirnrinde des Menschen. Archiv ital. de Biol. Bd. 36. 1901. S. 30.

Flechsig. Weitere Mitteilungen über die entwicklungsgeschichtlichen Felder in der menschlichen Großhirnrinde. Neurolog. Zentralblat. 1903. S. 202.
Fragnito. Sulla istogenesi della corteccia cerebrale di mammiferi. Riv. sperim. di fren. Bd. 25. H. 3—4.
Frey. Histologie und Histochemie des Menschen. Leipzig 1859.
Fromann. Archiv für Anatomie u. Physiologie u. für klin. Medizin. Bd. 31. 1864.
Fuchs. Zur Histologenese der menschlichen Großhirnrinde. Sitzungsbericht der Wiener Akademie. 1883. V. 83. S. 157.
Funck. Pflügers Archiv. VII.
Franck et Pitres. Travaux du laborat. de Marey. 1878—1879. T. IV. S. 413. — Progrès méd: 1878. No. 1. S. 9.
Gerlach. Handbuch der allgemeinen und speziellen Gewebelehre des menschlichen Körpers. Mainz 1854.
Gehuchten. Anatomie du Système nerveux de l'homme. Louvain 1900.
Gregor. Über Muskelspasmen und Muskelhypertonie im Säuglingsalter und ihre Abhängigkeit von der Ernährung. Monatsschrift für Psychologie. Bd. 10. S. 81 und 186.
Hammarberg. Studien über die Klinik u. Pathologie der Idiotie etc. Upsala 1890.
Hannover. Mikrosk. Undersögelser of Nerves systemat. Kjøbenhavn 1842.
Hermann. Handbuch der Physiologie. II. 1879.
—— Pflügers Archiv. Bd. 42. 1888. Über die Polarisation der Muskeln und Nerven.
Hervonet. Etude sur le système nerveux d'une idiote. Arch. de physiol. 1894.
His. Die Neuroblasten und deren Entstehung im embryonalen Mark. Abhandlung der königl. sächs. Gesellschaft der Wissenschaft. 1889. Bd. 26.
Hoffmann. Quains Anatomie.
Hösel. Beitrag zur Markscheidenentwicklung im Gehirn und in der Medulla oblongata des Menschen. Monatsschrift für Psych. 6. Bd. Heft 3. S. 161 und 7. Bd. Heft 4. S. 265 und 345.
Huschke. Schädel, Gehirn und Seele des Menschen und der Tiere nach Alter, Geschlecht und Rasse. Jena 1854.
Kaes. Zur Kenntnis des Reichtums der Großhirnrinde an markhaltigen Nervenfasern. Archiv für Psych. Bd. 25. S. 675.
—— Über den Markfasergehalt der Großhirnrinde eines $1^1/_2$jährigen Kindes. Jahrb. d. Hamburger Staatskrankenanstalten. 4 Jahrg. 1896.
—— Über den Markfasergehalt bei Idioten. Monatsschr f. Psychiatrie. 1897.
—— Über Großhirnrindenmasse und über Anordnung der Markfasersysteme. Wiener medizinische Wochenschrift. 1895.
—— Über den Faserreichtum der Hirnrinde. Neurolog. Zentralblatt. 1893.
—— Über den Markfasergehalt der Großhirnrinde. Münchener medizinische Wochenschrift. 1896.
—— Über den Markfasergehalt eines mikrocephalen Mädchens. 3. internationaler psychologischer Kongreß. München 1897.
—— Neuere Arbeiten zur pathologischen Anatomie der Idiotie. Monatsschrift für Psychiatrie. Bd. I. S. 470.
Key. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. 9. 1873.
Klinke. Über das Verhalten der Tangentialfasern in der Großhirnrinde von Idioten. Archiv für Psych. 1893.
Kölliker. Lehrbuch der Gewebelehre. 1895.
Kostjurin. Die senilen Veränderungen der Großhirnrinde. Wiener medizinische Jahrbücher. 1886.
Köster. Neurologisches Zentralblatt. 1889.
Kronecker. Sächs. Akademie der Wissenschaften, physiolog. Klasse. 1871. S. 117.
Kuhnt. Archiv für mikroskopische Anatomie. Bd. 13. 1877.
Kussmaul. Untersuchungen über das Seelenleben des neugeborenen Menschen. Tübingen 1859.

Langlois. Note sur les centres psychomoteurs des nouveau nés. Compt. rend. de la Soc. de Biol. 1889. p. 503.
Leegard. Archiv für klinische Medizin. 1880. Bd. 26.
Lemoine. Contribution à la determination et à l'étude expér. des localisations fonctionnelles encéphaliques. Thèse de Paris. 1880.
Lenhossek. Untersuchungen über die Entwicklung der Markscheiden und den Faserverlauf im Rückenmark der Maus. Archiv für mikroskopische Anatomie. 1889. 33. Bd.
Lewisson. Über Hemmung der Tätigkeit der motorischen Nervenzentren durch Reizung sensibler Nerven. Virchows Archiv. 1869. S. 255.
Lorey. Jahrbuch für Kinderheilkunde. 1878. 12. Bd. S. 260.
Lubinoff. Embryologenetische und histologenetische Untersuchungen ü. d. sympathische u. zentrale cerebrospinale Nervensystem. Virchows Arch. 1864.
Magalhaes è Lemos. Histologie de la region psychomotrice chez le nouveau né. Diss. inaug. Porto. 1882 (Spanisch).
Magini. Nevroglia cellulé nervose cerebrali nei feti. Pavia 1888.
—— Ulteriori ricerche sul cervello fetale. Rendiconti della R. Accad. dei Lincei. Roma 1888.
Mann. Untersuchung über die elektrische Erregbarkeit im frühen Kindesalter mit bes. Beziehung auf Tetanie. Monatsschr. für Psych. Bd. 7. S. 14.
Mayer S. Die peripheren Nervenzellen uud das sympathische Nervensystem. Archiv für Psychiatrie. Bd. 6. 1876.
Marcacci. Etude critique expérimentale sur les centres moteur corticaux. Arch. ital. de Biol. 1882. T. I. S. 264.
Marrey. Du mouvement dans les fonctions de la vie. Paris 1888/89. S. 125.
Matell. Ein Fall von Heterotopie der grauen Substanz in den beiden Hemisphären des Großhirnes. Archiv für Psych. 1893. Bd. 25. S. 264.
Meine. Ein Beitrag zur Lehre von der echten Heterotopie. Archiv für Psych. Bd. 30. S. 608.
Mierzejewsky. Notes sur les cerveaux d'idiots en général avec la description d'un nouveau cas d'idiotie. Revue d'Anthropol. T. V. S. 21. Paris 1876.
Mies. Über das Gewicht des Rückenmarkes. Zentralbl. für Nervenh. Nov. 1893.
—— Über das Hirngewicht des heranwachsenden Menschen. Korrespondenzblatt der deutschen Gesellschaft für Anthropologie. 1894.
—— Über das Gehirngewicht neugeborener Kinder. Wiener klinische Wochenschrift. 1889. S. 39.
—— Tageblatt der 61. Versamml. deutscher Naturforscher u. Ärzte zu Köln. 1888.
Mingazzini. Beitrag zum klinischen anatomischen Studium der Mikrocephalie. Monatsschrift für Psych. und Neurologie. Bd. 27. S. 429.
Monakow. Gehirnpathologie. Wien 1897.
—— Über einen Fall von Mikrocephalie mit Sektionsbefund. Archiv für Psych. Bd. 31. S. 845.
—— Lubarsch und Ostertag. Ergebnisse der allgemeinen Pathologie. VI. Jahrg. über 1899.
—— Zur Anatomie und Pathologie des unteren Scheitelläppchens. Archiv für Psych. und Nervenheilkunde. Bd. 31.
—— Archiv für Psych. Bd. 32.
Munk. Über die Ausdehnung der Sinnessphären in der Großhirnrinde. Sitzungsbericht der königl. preuß. Akademie der Wissenschaften zu Berlin. 1901. Bd. 48. S. 1172.
Novi e Grandis. Rivista sper. di freniatria. 1887. V. XIII.
Obersteiner. Nervöse Zentralorgane. Wien 1901.
Paneth. Über die Erregbarkeit der Hirnrinde neugeborener Hunde. Archiv für die gesamte Physiologie. 1885. Bd. 37. S. 209.
Parrot. Sur le développement du cerveau chez les enfants. Arch. de phys. norm. et path. 2 S. T. VI. 1879.
Perlik. Archiv für mikroskopische Anatomie. 19. Bd. S. 183—233.

Perey. La psychologie de l'enfant. 1884.
Pfister. Das Hirngewicht im Kindesalter. Archiv für Kinderheilk. Bd. 23.
—— Über das Verhalten der Pupille und einiger Reflexe im Auge im Säuglingsalter und frühen Kindesalter. Archiv für Kinderheilk. Bd. 26.
Pighetti. Sulla mielinizzazione delle fibre della corteccia cerebrale. Riv. di path. nervos. e ment. 1897.
Popoff. Beitrag zur Kenntnis der pathologischen Anatomie der Idiotie. Archiv für Psych. Bd. 25. S. 637.
Preyer. Die Seele des Kindes. Leipzig 1895.
Probst. Zur Kenntnis der Mikrocephalie. Archiv für Psych. Bd. 38.
Raehlmann. Physiologisch-patholog Studien über die Entwicklung der Gesichtswahrnehmung bei Kindern u. bei operierten Blindgeborenen. Zeitschrift für Psychologie u. Physiologie der Sinnesorgane. Bd. II. S. 53.
Ranvier. Compt. rend. hebdom. des Séances de l'Acad. des sciences und Leçons sur l'histologie du système nerveux.
Reissner. Archiv für Anatomie und Physiologie und für wissenschaftliche Medizin. 1861.
Remak. Vorläufige Mitteilung mikroskopischer Beobachtung über den inneren Bau der cerebrospinalen Nerven und über die Entwicklung ihrer Formelemente. Müllers Archiv. 1836. S. 145—161.
Retzius. Bau des Menschengehirnes. II. Bd.
Righetti. Sulla mielinizzazione delle fibre della corteccia cerebrale umana nei primi mesi di vita. Riv. di Patologia nerv. e ment. S. 347.
Römer. Beitrag zur Auffassung des Faserverlaufes im Gehirn auf Grund des Studiums von Kindesgehirnen. Inaug.-Diss. Marburg.
Sachs. Über Flechsigs Verstandeszentren. Monatsschrift für Psych. und Neurologie. 1897.
Sante de Sanctis. Untersuchungen über den Bau und die Markscheidenbildung des menschlichen Kleinhirns. Monatsschrift für Psych. 1898. S. 237.
Schiefferdecker. Gewebelehre mit besonderer Berücksichtigung des menschlichen Körpers. Braunschweig 1891.
—— Archiv für mikroskopische Anatomie. 1887.
Schiller. Sur le nombre et calibre des fibres nerveuses du neuf oculomoteur, convenus chez le chat nouveau né et le chat adulte. Compt. rend. Bd. 160. No. 14. S. 530.
Schulze, Max. Strickers Handbuch der Lehre von den Geweben. Bd. I. 1866—1871.
Schwalbe. Lehrbuch der Neurologie. S. 592.
Schwann. Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere und der Pflanzen. Berlin 1839.
Siemerling. Über Markscheidenentwicklung des Gehirnes und ihre Bedeutung für die Lokalisation. Berliner klinische Wochenschrift 1898 und Neurologisches Zentralblatt. 1898. S. 961.
—— Anatomische Untersuchungen über die menschlichen Rückenmarkswurzeln. Berlin 1887.
Sharpey. Quain's Elements of Anatomy.
Sokolow. Zur Lehre über die Entwickelung der Hemmungsnerven bei neugeborenen Tieren (zitiert bei Bechterew).
Soltmann. Über die Funktionen des Großhirnes der Neugeborenen. Jahrb. für Kinderheilk. N. F. IX. S. 106 u. Zentralbl. für die med. Wissenschaften. 1875. No. 14. 1876. No. 23 u. Sitzungsber. der schles. vaterländischen Gesellschaft, med. Sektion. 19. Nov. 1876.
—— Über einige physiologische Eigentümlichkeiten der Muskeln und Nerven der Neugeborenen. Jahrbücher für Kinderheilkunde. No. 12. 1878. S. 2.
—— Über die Erregbarkeit der sensiblen Nerven Neugeborener. Jahrbücher für Kinderheilkunde. N. F. XIV. 1879.

Soltmann. Über die Hemmungsnerven der Neugeborenen. Jahrbücher für Kinderheilkunde. Bd. XI. 1877. S. 101.

Sonkhanoff. Contribution à l'étude de l'état et du développement des cellules nerveuses de l'écorce cérébrale chez quelques vertebrés nonveau-nés 1899. Revue neurol. No. 18. S. 656.

Sonkhanoff et Czarnieck. Cellules des cornes de la moelle chez les nouveau-nés. Nouv. Icon. d. l. Salpêt. No. 6. 1902.

Steiner. Über die Entwicklung der Sinnessphären auf der Großhirnrinde des Neugeborenen. Sitzungsber. der Akad. d. Wissenschaft. Berlin 1895.

Tarchanow. Etude sur les centres psychomoteurs des animaux nouveau nés etc. Gaz. méd. de Paris. No. 28. 1878 und Revue mensuelle de méd et de chirurgie. 1878. S. 721.

Tiedemann. Anatomie und Bildungsgeschichte des Gehirnes im Foetus des Menschen. Nürnberg 1816.

—— Das Gehirn des Negers mit dem des Europäers und Orang Utang verglichen. Heidelberg 1837.

Thomas. Contribution à l'étude du développement des cellules de l'écorce cérébrale par la methode de Golgi. C. R. d. Soc. d. Biol. 1894.

Tuczek. Beitrag zur pathologischen Anatomie der Dementia paralytica. Berlin 1884.

Vignal. Sur le développement des éléments de la substance grise *corticale*. Compt. rend. 1886.

—— Développement des éléments du système nerveux cérébrospinal. Paris 1889. G. Masson.

Vogt, O. Sur la myelinisation de l'hémisphère cérébral du chat. Compt. rend. de la Soc. de Biol. 1898.

Vogt, C. Etude sur la myelinisation des hémisphères cérébraux. Thèse de Paris. Steinheil 1899.

Vogt, O. Zur Kritik der sogenannten entwicklungsgeschichtlichen anatomischen Methode. Neurologisches Zentralblatt. S. 480. 1900.

—— Flechsigs Assoziationslehre. Neurologisches Zentralblatt. 1900. S. 334.

—— Valeur de l'étude de la myelinisation pour l'anatomie et la physiologie du cerveau. Journ. de physiol. et de pathol. gén. 1900. T. 2. S. 525.

Vulpius. Entwicklung und Ausbreitung der Tangentialfasern in der menschlischen Großhirnrinde während verschiedener Altersperioden. Archiv für Psych. Bd. 23. S. 775.

Wagner, R. Vorstudien einer wissenschaftlichen Morphologie und Physiologie des menschlichen Gehirns als Seelenorgan. Göttingen 1860—1862.

—— Neurolog. Untersuchungen. Göttingen. Nachrichten v. d. Universität. 1850.

Westphal, A. Über die Markscheidenbildung der Gehirnnerven des Menschen. Archiv für Psych. Bd. 30. S. 992.

—— Die elektrischen Erregbarkeitsverhältnisse des peripheren Nervensystems des Menschen im Jugendzustand und ihre Beziehung zum anatomischen Bau desselben. Archiv für Psych. Bd. 26. S. 1—98.

Westphal, C. Die elektrische Erregbarkeit der Nerven und Muskeln der Neugeborenen. Neurologisches Zentralblatt. 1886. No. 16. S. 361.

Wulff. Über das Hirngewicht bei Geistesschwachen. Zeitschrift für Psych. Bd. 46. S. 671.

Wundt. Zur Lehre von den Muskelbewegungen. Braunschweig 1858.

Zacher. Über das Verhalten der markhaltigen Nervenfasern in der Hirnrinde etc. Archiv für Psychiatrie. Bd. 18. S. 358.

Gehirn und Seele des Kindes.
Widener Library
006366123
3 2044 079 714 663